Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. H. F r a n k e

DIE WIRKUNG UNTERSCHIEDLICHER TEMPERATUR- UND LUFTFEUCHTIGKEITSGRADE AUF DEN MENSCHLICHEN KREISLAUF IN DER SAUNA

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Martin-Peter Floehr

Würzburg, den 13. März 1972

Aus der Medizinischen Poliklinik der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. H. F r a n k e

DIE WIRKUNG UNTERSCHIEDLICHER TEMPERATUR- UND LUFTFEUCHTIGKEITSGRADE AUF DEN MENSCHLICHEN KREISLAUF IN DER SAUNA

I n a u g u r a l - D i s s e r t a t i o n

verfaßt und der Medizinischen Fakultät
der
Julius-Maximilians-Universität Würzburg
zur
Erlangung der medizinischen Doktorwürde

vorgelegt von
Martin-Peter Floehr

Würzburg, den 13. März 1972

Referent:	Professor Dr. med. R. Juchems
Korreferent:	Professor Dr. med. H. Franke
Dekan:	Professor Dr. med. K.-H. Weis

Tag der mündlichen Prüfung: 2. Juni 1972.

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

INHALTSVERZEICHNIS

		Seite
A.	Einleitung	1
B.	Definition der Sauna und die physikalischen Verhältnisse in der Saunakammer	2
C.	Methodik	4
	I. Ort	4
	II. Meßgeräte und -methoden	4
	1. Saunatemperatur und Luftfeuchtigkeit	4
	2. Körpertemperatur	4
	3. Arterieller Blutdruck	5
	4. Pulsfrequenz	5
	5. Atemfrequenz	5
	III. Untersuchungsgut	5
	IV. Untersuchungsbedingungen	5
	V. Versuchsanordnung	6
	1. Ausgangsphase	6
	2. Saunaphase	6
	3. Phase der Luftkühlung	7
	4. Phase der Kaltwasserkühlung	7
	5. Ruhepause	7
	VI. Vergleichsversuch mit Fahrradergometer	7
	1. Meßgeräte	7
	2. Versuchsanordnung	8
	VII. Statistische Methoden	8
D.	Ergebnisse	10
	I. Der arterielle Blutdruck	10
	1. systolischer Blutdruck	10
	a) in der Saunaphase	10
	b) in der Luftkühlung	12
	c) nach der Kaltwasserkühlung	12
	d) in der Ruhepause	12

2. Diastolischer Blutdruck 12
a) in der Saunaphase 12
b) in der Luftkühlung 13
c) nach der Kaltwasserkühlung und der Ruhephase 13
3. Mittlerer arterieller Blutdruck 13
4. Blutdruckamplitude 15
II. Die Pulsfrequenz 15
1. In der Saunaphase 15
2. Nach Kühlung und Ruhepause 18
III. Die Atemfrequenz 20
IV. Die Körpertemperatur 20
1. In der Saunaphase 20
2. Nach Kühlung und Ruhepause 20
V. Allgemeine Beobachtungen 21
VI. Der Belastungsversuch mit dem Fahrradergometer 21
1. Ergometerbelastung 50 Watt 21
a) arterieller Blutdruck 21
b) Pulsfrequenz 22
2. Ergometerbelastung 100 Watt 22
a) arterieller Blutdruck 22
b) Pulsfrequenz 22

E. Diskussion 23
I. Kritik der Methodik 23
1. Kritische Stellungnahme zu den angewandten Untersuchungsverfahren 23
a) Messung der Saunatemperatur und Luftfeuchtigkeit 23
b) Feststellung der Körpertemperatur 23
c) Messung des arteriellen Blutdruckes 24
2. Kritik der Versuchsbedingungen 25
3. Kritische Beurteilung des Untersuchungsgutes 26
II. Besprechung unserer Ergebnisse 26
1. Die Wirkung der Sauna auf die Körpertemperatur 27
2. Die Wirkung der Sauna auf den arteriellen Blutdruck 33

3. Die Wirkung der Sauna auf die Herzfrequenz 40
4. Die Wirkung der Sauna auf die Atmung 42
5. Die Wirkung der Abkühlmaßnahmen 43
6. Die Bedeutung des zweiten Saunaganges 49
7. Die Kreislaufbelastung in der Sauna im Vergleich mit einer standardisierten Ergometerbelastung 50

F. Zusammenfassung 53

G. Anhang: Tabellen 55

H. Literaturverzeichnis 69

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543512_0097

A. EINLEITUNG

1933 wurde die erste wissenschaftliche Arbeit über die Sauna publiziert (60). Unter zahlreichen physiologischen Problemen galt seitdem der Frage nach der Wirkung der Sauna auf die Herz- und Kreislauffunktionen besonderes Interesse. Klinische und experimentelle Untersuchungen kamen zu widersprechenden Ergebnissen, was auf nicht vergleichbare Versuchsbedingungen zurückzuführen ist. Denn Saunatemperatur, Luftfeuchtigkeit und die Aufenthaltsdauer der Probanden in der Sauna variierten erheblich. Deshalb ist es angezeigt, die thermoregulatorischen Reaktionen des Kreislaufes unter Berücksichtigung standardisierter Versuchsbedingungen zu prüfen.
Aufgabe dieser Arbeit ist es, die Frage zu untersuchen, welchen Einfluß verschiedene Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten in der Sauna auf den arteriellen Blutdruck, auf die Puls- und Atemfrequenz und auf die Körpertemperatur haben. Zudem stellte sich das Problem, ob mehrere Saunagänge unterschiedliche Wirkungen auf den Kreislauf zeigen. Schließlich sollte ein Vergleich der Kreislaufbelastung in der Sauna mit einer standardisierten ergometrischen Belastung erbracht werden.

B. DEFINITION DER SAUNA UND DIE PHYSIKALISCHEN VERHÄLTNISSE IN DER SAUNAKAMMER

Das Wort "Sauna" ist der finnischen Sprache entlehnt und beschreibt eine Form des Schwitzbades, das sich durch extreme Temperaturreize auszeichnet. Dabei sind kurze zeitliche Wechsel zwischen trocken-heißer und kalter Luft (bzw. Wasser) charakteristisch. Die Sauna bewirkt eine ausreichende Überwärmung des Organismus im Saunaraum, in dem neben Wärmestrahlung trockene Heißluft, bedarfsweise mit kurzwirkenden Dampfstößen, auf die gesamte Körperoberfläche und beim Einatmen auf die Atemwege Einfluß nehmen. Eine Wiederabkühlung geschieht durch Einwirkung kühler Umgebung und Einatmen von Außenluft, ergänzt durch Kaltwasser-Anwendungen (79). Die Badedauer in der Heißluftkammer beträgt 10 bis 15 Minuten. Damit steht die Sauna zwischen dem römisch-irischen Bad, einem rein trockenen Heißluftbad, und dem russischen Dampfbad, das bei Temperaturen bis zu 45°C hohe Luftfeuchtigkeiten aufweist (14, 29).

Die in der Literatur angegebenen mittleren Lufttemperaturen, welche in der Saunakammer auf den Kreislauf des Menschen wirken, schwanken zwischen 50° und 100°C (2,5,14,16,19,48,52,69,73,77,87). OTT (71) fasste die Ergebnisse der ersten Untersuchungen zusammen. Er hebt besonders die ausführlichen Temperaturmessungen von LUNDGREN (60) hervor. LUNDGREN fand Temperaturen von 23,5° bis 91°, im Mittel von 65° C. OTT (71) selber stellte Temperaturen von 34° bis 90°C fest. Die durchschnittlichen Temperaturen betrugen bei ihm 75°C. DEVRIENT (12) empfahl höhere Temperaturen (70° - 100°C), ÄIKÄS (1) eine untere Grenze von 75°C und eine obere Grenze von 105°C.

Bei diesen unterschiedlichen Temperaturangaben muß man bedenken, daß die Saunatemperatur jeweils von der Raumhöhe abhängig ist, in der sie gemessen wird. Die Temperatur steigt vom Fußboden bis zur Decke, wobei Differenzen von 60°C vorkommen (29). Unterschiedliche Meßbefunde in gleicher Raumhöhe sind meistens auf bauliche Veränderungen und Beheizungsarten zurückzuführen. Darum fordert

FRITZSCHE (25) mit Recht, daß bei wissenschaftlichen Arbeiten präzise Angaben über Raumbedingungen und Meßorte zu geben sind. Irgendwelche Schlüsse über die Saunawirkung sind nur zu ziehen, wenn die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsangaben zur Versuchsperson in Beziehung gesetzt worden sind.

In der richtig angelegten Sauna herrscht eine niedrige Luftfeuchtigkeit. Sie wird in der Literatur mit unterschiedlichen physikalischen Größen bezeichnet, da man verschiedene Meßmethoden angewandt hat (1,3,5,11,12,16,19,25,27,48,56,60,69,71,73,77). Dadurch wird ein echter Vergleich erschwert. FRITZSCHE (29) empfiehlt deshalb die Angabe der Luftfeuchtigkeit in absoluten Werten. Unabhängig von der Saunatemperatur soll sie etwa 30 g H_2O/m^3 Luft betragen.

Um eine objektive Messung der Luftfeuchtigkeit zu gewährleisten, sind in dieser Arbeit die absoluten Luftfeuchtigkeiten verwandt worden. Damit ist auch in Zukunft ein Vergleich mit anderen Untersuchungen möglich. Erstmals wird mit dieser Untersuchung die Wirkung verschiedener Saunatemperaturen und Luftfeuchtigkeiten auf den menschlichen Kreislauf vorgelegt.

C. METHODIK

I. Ort:

Die Versuche wurden in der Sauna des Würzburger Schwimmvereins SV 05 durchgeführt.
Der Saunaraum ist 2,20 x 5 x 4 m groß. Er besitzt drei stufenförmig aufsteigende Bankreihen. Als Wärmespeicher dient ein steinummauerter Ölofen mit Thermostatregulierung.
Die Messungen vor und nach dem Saunabad wurden im Ruheraum durchgeführt. Dort herrschte eine durchschnittliche Temperatur von 21 ($\pm$ 2) °C. Die Probanden hatten von dort bis zur Sauna etwa 10 Schritte zurückzulegen.
Das Kaltwasser-Tauchbecken zur Abkühlung war so groß, daß der Proband ganz eintauchen konnte. Das Wasser hatte eine mittlere Temperatur von 15 ($\pm$ 1) °C.

II. Meßgeräte und -methoden

1. Saunatemperatur und Luftfeuchtigkeit:
   Die Saunatemperatur (angegeben in °C), die in der Sauna herrschende relative Luftfeuchtigkeit (angegeben in %) und die absolute Luftfeuchtigkeit (angegeben in gH_2O/m^3 Luft) wurden durch einen Sauna-Klimamesser (Hygrometer der Firma Lufft) gemessen. Das Hygrometer lag immer in Höhe des Probanden auf der Ruhebank.
2. Körpertemperatur:
   Die Körpertemperatur wurde sublingual bestimmt. Dazu benutzten wir ein Unterzungenthermometer mit einer Gradeinteilung von 0,1°C.
   Das Thermometer wurde während der Sauna in einer Kühltasche aufbewahrt und nur in der letzten Minute des Versuches schnell in den Mund genommen, wozu höchstens eine Sekunde nötig war. Der Proband atmete während der eine Minute dauernden Messung nur durch die Nase. Die Herausnahme des Thermometers geschah auf demselben Weg, die Ablesung außerhalb der Sauna.

3. Arterieller Blutdruck:

Wir maßen den systolischen und diastolischen Blutdruck mit der indirekten Methode nach RIVA-ROCCI-KOROTKOFF am liegenden Probanden. Dabei auskultierten wir die rechte A. brachialis. Die Druckwerte wurden in bekannter Weise am Quecksilbersäulenmanometer registriert. Das Auftreten der Töne galt als systolischer Druck, das plötzliche Leiserwerden der KOROTKOFF-Töne galt als Kriterium für den diastolischen Druck. Die Blutdruckmanschette war 13 cm breit.
Die Genauigkeit der indirekten Blutdruckmessung wird durch die Extremität beeinflußt. So besteht eine Abhängigkeit des Blutdrucks vom Extremitätenumfang, den wir durch eine entsprechende Korrekturformel (78) berücksichtigten.
Der mittlere arterielle Blutdruck wurde angenähert als die Summe aus diastolischem Blutdruck und einem Drittel der Blutdruckamplitude errechnet.

4. Pulsfrequenz:

Die Pulsfrequenz pro Minute maßen wir durch Palpation der A. radialis.

5. Atemfrequenz:

Durch Zählung der Thorax- und Bauchwandbewegungen während einer Minute bestimmten wir die Atemfrequenz pro Minute.

III. Untersuchungsgut

Wir führten die Untersuchungen an 18 freiwilligen männlichen Personen im Alter von 2o bis 76 Jahren durch. Das Durchschnittsalter lag bei 41,5 Jahren (s. Tab. 1).
Alle Versuchspersonen trieben regelmäßig Schwimmsport und waren an die Sauna gewöhnt. Die Mehrheit von ihnen besuchte seit zweieinhalb Jahren die Sauna regelmäßig, d.h. ein- bis zweimal in der Woche. Nur eine Person war erst seit vier Monaten mit dem Saunabaden vertraut, zwei andere schon 11 bzw. 25 Jahre. In ihrer Anamnese und in der klinischen Untersuchung fand sich kein Anhalt für eine Erkrankung des kardiovaskulären Systems.

IV. Untersuchungsbedingungen

Alle Probanden nahmen an vier Versuchen teil, wobei die Be-

dingungen, d.h. die Saunatemperatur und die Luftfeuchtigkeit jeweils verändert wurden (siehe Tab. 2 und 3).

Innerhalb einer Bedingung wurden über alle Versuchspersonen hinweg Luftfeuchtigkeit und Temperatur konstant gehalten. Jeder Versuch bestand aus zwei Saunabädern mit gleichen Bedingungen; zwischen ihnen lag ein Zeitraum von etwa einer halben Stunde. Die Versuchsdauer war mit zehn Minuten für jedes Saunabad konstant. Die gewünschte Saunatemperatur wurde erreicht durch entsprechende Regulierung des Thermostaten. Die große relative Luftfeuchtigkeit von 18 Prozent bei einer Temperatur von 81°C wurde erzielt durch Wassergüsse auf die heißen Ofensteine, was wenige Minuten vor dem Versuch geschah. Alle anderen relativen Luftfeuchtigkeiten stellten sich von selbst ein.
Aus Tabelle 3 sind die physikalischen Bedingungen der vier Versuche zu entnehmen. Die Werte für Temperatur und Luftfeuchtigkeit sind dabei von der Skala des Sauna-Klimamessers abgelesen worden, die anderen für Wasserdampfdruck und Taupunkt wurden errechnet (30, 51).

V. Versuchsanordnung:

1. Ausgangsphase:
Nach einer Körperwäsche unter der lauwarmen Dusche legt sich die Versuchsperson abgetrocknet im Ruheraum auf ein Massagebett. Sie ist dabei nur in ein leichtes Leinentuch gehüllt. Nach zehnminütiger Pause werden die Ruhewerte für Blutdruck, Pulsfrequenz, Körpertemperatur und Atemfrequenz gemessen.

2. Saunaphase:

Der Proband betritt den Saunaraum. Er legt sich flach auf die hölzerne Bank, deren Höhe vom Erdboden vorher entsprechend der Versuchsbedingung festgelegt worden ist. In gleicher Höhe liegt das Hygrometer, von dem Temperatur und Luftfeuchtigkeit am Anfang und am Ende des Versuches abgelesen werden. Sobald der Proband ruht, wird die Stoppuhr zur Zeitnehmung in Betrieb gesetzt. Das Blutdruckgerät steht in Herzhöhe auf der Ruhebank. Alle zwei Minuten messen wir Blutdruck, Puls- und Atemfrequenz. Laufend wird der Gesamteindruck überprüft; auf Hautrötung, Schweißausbruch und subjektive Beschwerden wird geachtet. Am Ende der

zehnten Minute wird die Körpertemperatur bestimmt.

3. Phase der Luftkühlung:

Nach dem Saunaaufenthalt kehrt die Versuchsperson in den Ruheraum zurück und legt sich wieder auf das Massagebett. Drei Minuten nach Verlassen der Sauna werden Blutdruck, Puls- und Atemfrequenz und Körpertemperatur bestimmt.

4. Phase der Kaltwasserkühlung:

Der Proband geht in den Saunavorraum und kühlt sich mit kalten Duschen (45 Sekunden) und durch ein Kaltwassertauchbad von etwa 15 Sekunden ab. Er kehrt in den Ruheraum zurück, wo sofort Blutdruck, Pulsfrequenz, Körpertemperatur und Atemfrequenz gemessen werden. Der Proband ist dabei, wie in der folgenden Zeit, mit einem Leinentuch zugedeckt.

5. Ruhepause:

Es folgt eine Ruhepause von 15 Minuten, in denen alle fünf Minuten die Meßdaten von Blutdruck, Puls- und Atemfrequenz sowie Körpertemperatur erhoben werden.

Nach dieser Ruhezeit beginnt ein zweites Saunabad in der gleichen, oben beschriebenen Weise.

VI. Vergleichsversuch mit dem Fahrradergometer

Alle 18 Versuchspersonen wurden unabhängig von den Untersuchungen in der Sauna an einem anderen Tag einem Test mit dem Fahrradergometer unterworfen.

1. Meßgeräte

Verwendet wurde das Universal-Ergometer "Ergotest" der Firma Jäger, Würzburg. Es arbeitet nach dem Dynamoprinzip mit Wirbelstrombremse. Das Ergometer erlaubt drehzahlabhängige und -unabhängige Kurbelarbeit. In unserem Versuch wurde die drehzahlunabhängige Belastungsweise bevorzugt. Die Leistung von 30 - 400 Watt ist während des Versuchs ablesbar. Eine Kontrollampe zeigt ständig an, ob die Leistung des Probanden der gewählten Belastung entspricht. Die halbe Fußkurbellänge beträgt 17 cm, die Drehachse der Fußkurbel liegt 28 cm über der Ergometertischplatte.

Schulterstützen verhindern das Abgleiten der liegenden Versuchsperson während der Belastung.
Die Bestimmung des arteriellen Blutdruckes und der Pulsfrequenz geschah mit Hilfe des Gerätes D 112 (Firma Elag, Köln), einem halbautomatischen elektronischen Meßgerät. Es ermöglicht die Feststellung des systolischen und diastolischen Druckes sowie der Pulsfrequenz mittels optischer und akustischer Anzeige. Nach üblichem Anlegen der Manschette wird durch Tastenbedienung die Manschette auf gewünschte Hg-Höhe aufgepumpt. Bei Erreichen dieser Hg-Höhe wird wieder eine Taste gedrückt, wobei beim Druckabfall über eine in der Manschette eingebaute Spezialschallkammer die systolischen und diastolischen Werte akustisch und optisch angezeigt werden. Die Pulsfrequenzmessung geschieht fortdauernd durch einen peripheren Geber, der über einen Finger gesteckt wird.

2. Versuchsanordnung
Die Versuchsperson trägt leichte Sportkleidung und legt sich entspannt auf den Fahrradergometertisch. Nach 10 Minuten Ruhe beginnt sie mit einer Ergometerbelastung von 50 Watt, wobei das Kniegelenk in Endlage nicht vollkommen gestreckt ist. Die Belastungszeit beträgt 6 Minuten. Nach einer Ruhepause von 4 Minuten wird die Belastung auf 100 Watt gesteigert; die Versuchszeit bleibt konstant.
Die Puls- und Blutdruckmessung erfolgte jeweils in der zweiten, vierten und sechsten Minute der Ergometerbelastung, sowie nach der ersten und vierten Minute der Erholungsphase.

VII. Statistische Methoden

Im Rechenzentrum der Universität Würzburg wurden elektronisch ermittelt: Mittelwerte (M), Standardabweichung (S) aller Einzelwerte, Standardabweichungen der Mittelwerte (MFM), Signifikanzwahrscheinlichkeiten (p) nach dem t-Test (Student), lineare Regressions- (b_{xy}) und Korrelations-Koeffizienten (r) mit einer Mindestwahrscheinlichkeit von 95% ($2P < 0{,}05$).
Die Signifikanzschranken von r, sowie die Irrtumswahrscheinlichkeit 2P, mit der r signifikant von Null verschieden sein soll, konnten besonderen Tafeln entnommen werden (13).
Die Meßwerte, die vor der Sauna in Ruhe erhoben wurden, sind

mit denen in der zehnten Sauna-Minute korreliert worden. Die Beobachtungen vor der Sauna liegen in der graphischen Darstellung auf der horizontalen Achse (x), die Beobachtungen in der Sauna auf der Vertikalen (y). Die Diagonale von links unten nach rechts oben gibt Werte an, die bei der Messung vor und in der Sauna gleich bleiben. Zeigt sich ein Anstieg der Meßpunkte in der Sauna, dann liegen sie oberhalb, bei einem Abfall unterhalb der Diagonalen. Die Regressionsgerade (Y) zeigt die zu erwartenden Werte in der Sauna im Verhältnis zu Werten vor der Sauna.
Es wurden weiter die Versuchsbedingungen und die einzelnen Meßgrößen auf ihre funktionelle Beziehung untersucht, z.B. wieweit die Saunatemperatur die Körpertemperatur beeinflußt. Das Quadrat des Korrelationskoeffizienten r gibt an, wie straff die Beziehung zwischen den beiden Beobachtungen ist. Die Irrtumswahrscheinlichkeit wurde auf 2 P $<$0,05 festgelegt. In diesem Bereich soll die Korrelation als statistisch gesichert gelten. Die Regressionsgerade (Y) in der graphischen Darstellung zeigt die zu erwartenden Werte der Meßgrößen für die jeweiligen Versuchsbedingungen an.

D. ERGEBNISSE

I. Der arterielle Blutdruck

Alle 18 Probanden waren Normotoniker. Als mittleren Ruheblutdruck konnten wir vor dem ersten Saunabad 141 (± 12,3) / 75 (± 11,2) mm Hg feststellen. Vor dem zweiten Bad war der Blutdruck systolisch mit 135 (± 13,8) mm Hg etwas niedriger als vor dem ersten, diastolisch aber mit 76 (± 11,9) mm Hg gleich hoch.

1. systolischer Blutdruck

a) in der Saunaphase:

Die Abbildung 1 (a - d) gibt das individuelle systolische Blutdruckverhalten aller Probanden in den vier Saunaversuchen wieder. Wir fanden eine große Streuung der vor und nach 10 Minuten in der Sauna gemessenen Werte.

In Versuch 1 und 2, mit einer Temperatur (T) von 65° bzw. 72°C und einer absoluten Luftfeuchtigkeit (AF) von 33,2 g/m^3 bzw. 32,6 g/m^3 beobachteten wir keine signifikante Änderung des systolischen Blutdruckes in der Sauna.

In Versuch 3 (T 81°C; AF 54,5 g/m^3) zeigte sich in der sechsten Minute ein Anstieg des systolischen Blutdrucks (+ 11 mm Hg), der statistisch zu sichern war. Bis zur zehnten Minute verstärkte er sich noch. Der Anstieg betrug schließlich 26 mm Hg und war hochsignifikant. Damit erreichte der Blutdruck systolisch 163 mm Hg.

In Versuch 4 (T 93°C; AF 42,5 g/m^3) registrierten wir nach 6 Minuten einen systolischen Blutdruckanstieg (+ 13 mm Hg). Bis zum Ende des Versuches in der zehnten Minute stieg der systolische Blutdruck um 28 mm Hg auf 170 mm Hg an. Dieses Verhalten war hochsignifikant.

Die beiden Saunabäder je Versuch unterschieden sich nicht in ihrem oben beschriebenen systolischen Blutdruckverhalten (Vgl. Tab. 4 und 5).

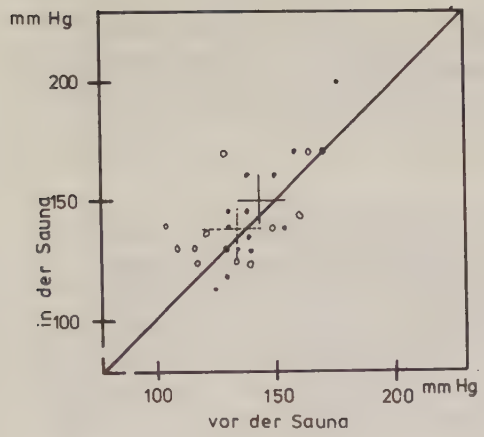

Abb. 1a

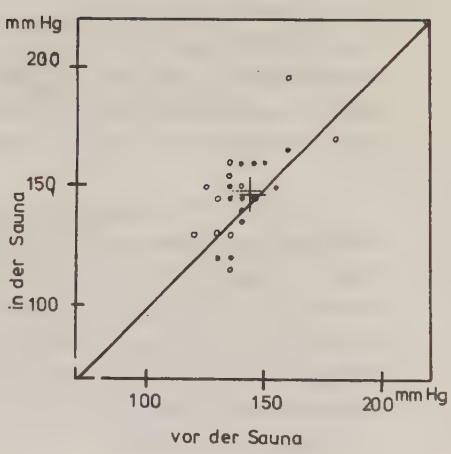

Abb. 1b

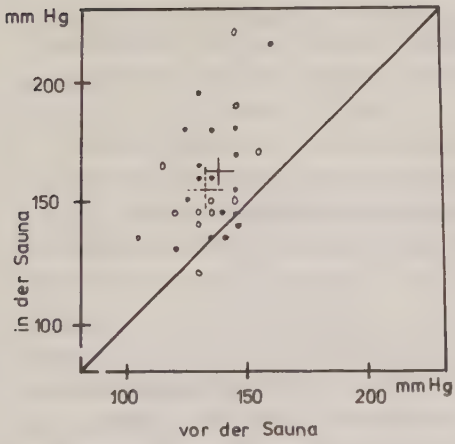

Abb. 1c

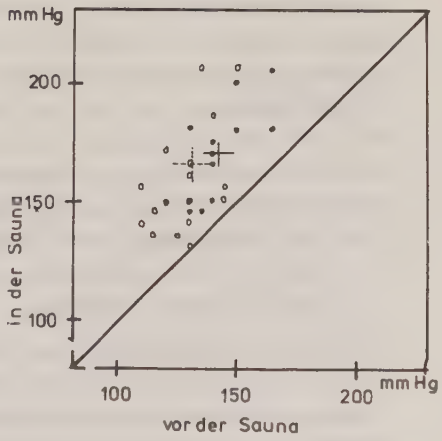

Abb. 1d

Abb. 1(a-d): Die graphische Darstellung zeigt das Verhalten des systolischen Blutdrucks (Abszisse: in Ruhe; Ordinate: nach 10min Aufenthalt in der Sauna) bei Temperaturen von 65°C (Abb.1a), von 72°C (Abb. 1b) von 81°C (Abb.1c), von 93°C (Abb. 1d) und absoluten Luftfeuchtigkeiten von 33,2g/m³ (Abb. 1a), von 32,6 g/m³ (Abb. 1b), von 54,5 g/m³ (Abb. 1c), von 42,5 g/m³ (Abb. 1d).

. (o) = Einzelwerte des ersten (zweiten) Saunaganges
+ (⊹) = Mittelwerte des ersten (zweiten) Saunaganges

b) in der Luftkühlung:
Die Luftkühlung brachte in Versuch 1 und 2 keine nachweisbare Änderung des systolischen Blutdrucks, dagegen in Versuch 3 und 4 eine leichte Abnahme (-11 bzw. -9 mm Hg). Die genauen Werte sind der Tabelle 6 zu entnehmen.

c) nach der Kaltwasserkühlung:
Nachdem die Probanden sich mit kaltem Wasser abgekühlt hatten, sank in den meisten Fällen der systolische Blutdruck je nach Versuch signifikant um 8 bis 24 mm Hg ab. Nur nach dem zweiten Saunabad in Versuch 1 sowie in Versuch 2 konnten wir keine Änderung beobachten (siehe Tab. 7). In allen Versuchen war der systolische Blutdruck damit wieder so hoch wie er vor der Sauna gemessen worden war.

d) in der Ruhephase:
In der Ruhephase von 15 Minuten nahm der systolische Blutdruck weiter leicht ab, maximal in Versuch 4 mit 9 mm Hg. Die Abnahme war nach dem ersten Saunabad jeweils stärker als nach dem zweiten (Tab. 8).
Nach der Ruhepause, die dem zweiten Saunabad folgte, lag der systolische Blutdruck ohne Ausnahme leicht unter den Ausgangswerten, die vor dem ersten Saunabad erhoben worden waren (-2 bis -8 mm Hg). Diese Abnahme war aber nicht signifikant.

2. diastolischer Blutdruck

a) in der Saunaphase:
Die Abbildung 2 (a-d) orientiert über das individuelle diastolische Blutdruckverhalten aller Probanden in den vier Saunaversuchen. Wir beobachteten eine große Streuung der Einzelwerte.

In Versuch 1 kam es zu einer leichten, aber signifikanten Abnahme des diastolischen Blutdrucks, sowohl im ersten als auch im zweiten Saunabad (-8 mm Hg bzw. -6 mm Hg).
In Versuch 2, 3 und 4 trat keine signifikante Änderung des diastolischen Blutdrucks in der Sauna auf. Eine Ausnahme bildete das zweite Saunabad in Versuch 3. Hier ergab sich eine signifikante Abnahme von 12 mm Hg (vergl. Tab. 9 und 10).

b) in der Luftkühlung:
Nach der Sauna sank der diastolische Blutdruck ab (Tab. 11). Mit einer Ausnahme (1. Saunagang von Versuch 1) waren die Differenzen (Blutdruckwerte gemessen in der Sauna / nach Luftkühlung) als signifikant zu bezeichnen. Sie betrugen im ersten Gang zwischen 10 und 13 mm Hg, im zweiten zwischen 5 und 8 mm Hg.

c) Nach der Kaltwasserkühlung und der Ruhephase:
Nach der Kaltwasserkühlung beobachteten wir einen unveränderten diastolischen Blutdruck. Schwankungen befanden sich innerhalb der Standardabweichung. In der anschließenden Ruhepause stieg der diastolische Blutdruck wieder leicht, aber signifikant an (9 bis 19 mm Hg, durchschnittlich 12 mm Hg). Damit war der Ruhewert, der vor der Sauna gemessen worden war, praktisch erreicht. Es gab in diesem Verhalten keinen Unterschied zwischen erstem und zweitem Gang (Tab. 12).

3. Mittlerer arterieller Blutdruck

Der mittlere arterielle Blutdruck betrug in Ruhe vor dem ersten Saunabad durchschnittlich 98 $\pm$ 11,7 mm Hg und vor dem zweiten 93 $\pm$ 12,8 mm Hg.
In Versuch 1 und 2 blieb der mittlere Blutdruck in der Sauna, während der Luftkühlung, nach dem Abkühlen im Tauchbecken und in der Ruhepause in beiden Gängen praktisch unverändert. Geringe Schwankungen befanden sich im Meßfehlerbereich ($\pm$ 5 mm Hg).

In Versuch 3 stieg der Mitteldruck bis zur 10. Saunaminute im ersten Gang um 9 mm Hg (von 95 auf 104 mm Hg). Im zweiten Gang fiel er gering, aber nicht signifikant ab (-4 mm Hg). Luft- und Wasserkühlung führten zu einem geringen Abfallen des mittleren Blutdrucks um 6 mm Hg. In der Ruhephase blieb er unverändert.

In Versuch 4 stieg der Mitteldruck um 8 mm Hg in beiden Saunagängen. Durch Luft- und Wasserkühlung kam es zu einem stärkeren Blutdruckabfallen um 17 bzw. 14 mm Hg nach dem ersten bzw. zweiten Saunabad. In der anschließenden Ruhepause blieb er wieder unverändert.

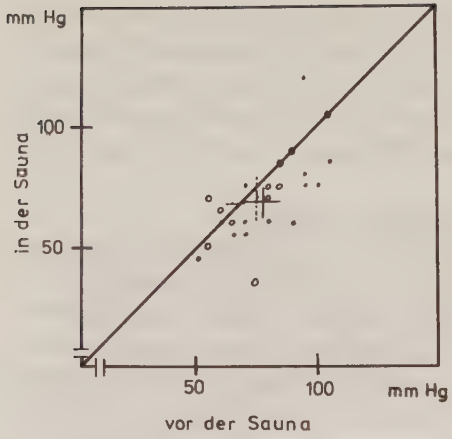

Abb. 2a

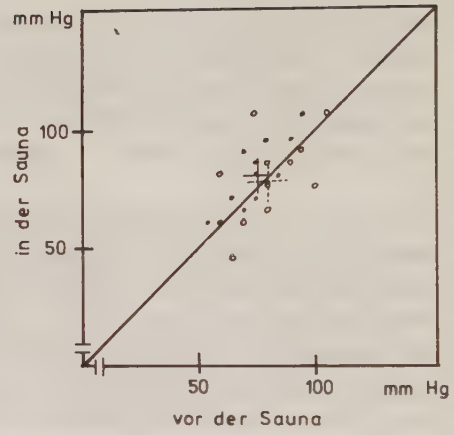

Abb. 2b

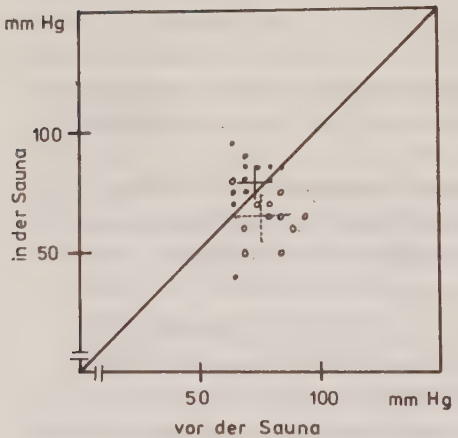

Abb. 2c

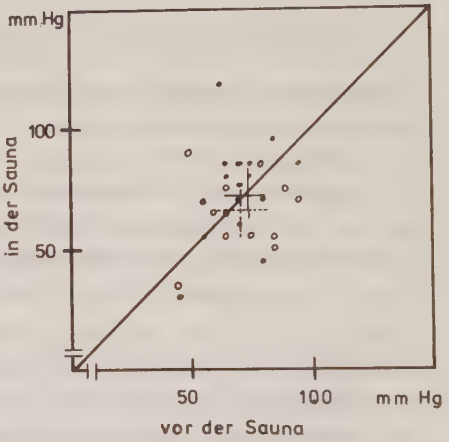

Abb. 2d

Abb. 2 (a-d): Die graphische Darstellung zeigt das Verhalten des diastolischen Blutdrucks (Abszisse: in Ruhe; Ordinate nach 1 min Aufenthalt in der Sauna) bei Temperaturen von 65°C (Abb. 2a), von 72°C (Abb. 2b) von 81°C (Abb. 2c), von 93°C (Abb. 2d) und absoluten Luftfeuchtigkeiten von 33,2 g/m³ (Abb. 2a), von 32,6 g/m³ (Abb. 2b), von 54,5 g/m³ (Abb. 2c), von 42,5 g/m³ (Abb. 2d).

• (o) = Einzelwerte des ersten (zweiten) Saunaganges
+ (⊹) = Mittelwerte des ersten (zweiten) Saunaganges

4. Blutdruckamplitude

Die Blutdruckamplitude betrug in Ruhe vor dem ersten Saunabad im Mittel 66 ± 3 mm Hg und vor dem zweiten 58 ± 3 mm Hg.
Die genauen Amplitudenveränderungen des arteriellen Blutdrucks in der Sauna und der anschließenden Abkühl- und Erholungsphase sind Tab. 13 zu entnehmen.
Wir fanden in allen 4 Versuchen eine Zunahme der Amplitude bis zur Messung während der Luftkühlung. Anschließend nahm die Amplitude wieder ab und lag nach der Ruhepause jeweils etwas (-8 bzw. -2 mm Hg) unter den Ausgangswerten.

Zusammenfassend zeigt die Abbildung 3 (a-d) das Blutdruckverhalten (systolische und diastolische Werte, Amplitude, Mitteldruck) in den vier Versuchen.

II. Die Pulsfrequenz

Die Ruhepulsfrequenz betrug vor dem ersten Saunabad durchschnittlich 66 ± 12,5 Schläge/min, vor dem zweiten 61 ± 11,5 Schläge/min.

1. In der Saunaphase

Bei allen vier Versuchen war ein deutlicher Anstieg der Pulsfrequenz zu messen. In Versuch 3 und 4 stieg der Puls bis zur zehnten Saunaminute etwa doppelt so hoch an wie bei den beiden anderen Versuchen mit den niedrigeren Temperaturen.
Im zweiten Saunabad lagen die Pulswerte im allgemeinen höher als im ersten.

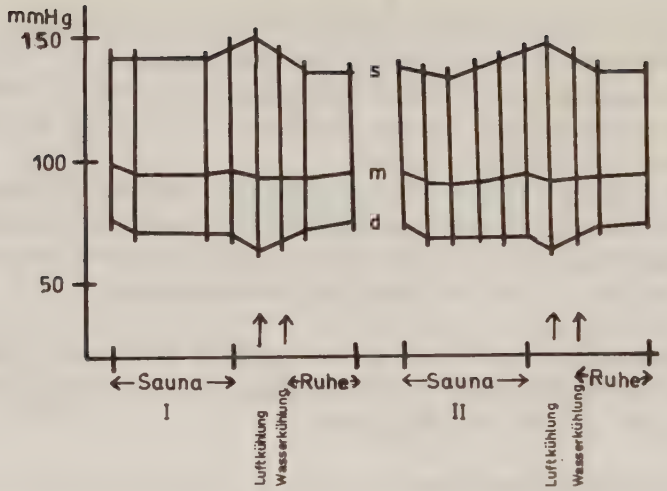

Abb. 3a : Das Verhalten des systolischen (s), des diastolischen (d) und des mittleren (m) Blutdrucks während des gesamten Saunabadevorgangs bei einer Temperatur von 65°C und einer absoluten Luftfeuchtigkeit von 33,2 g/m³

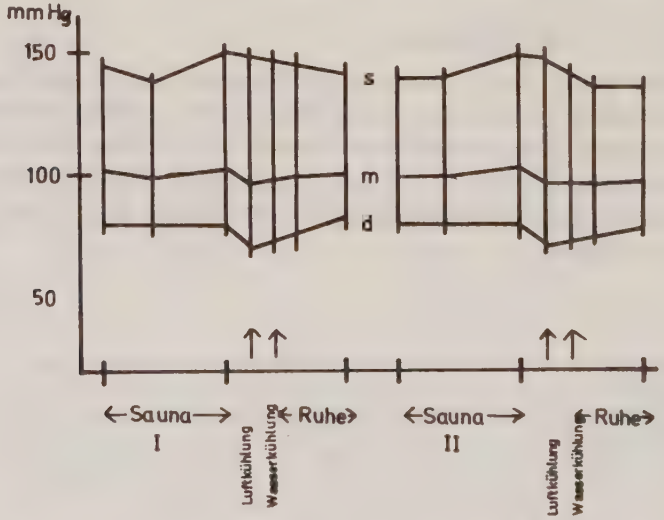

Abb. 3b : Das Verhalten des systolischen (s), des diastolischen (d) und des mittleren (m) Blutdrucks während des gesamten Saunabadevorgangs bei einer Temperatur von 72°C und einer absoluten Luftfeuchtigkeit von 32,6 g/m³

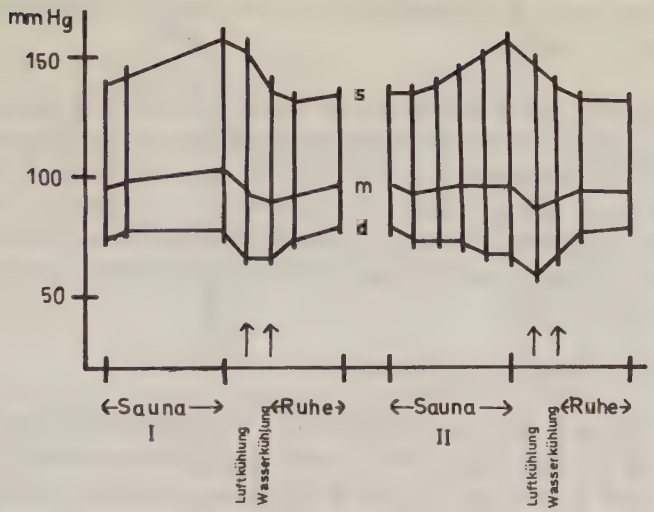

Abb. 3c : Das Verhalten des systolischen (s), des diastolischen (d) und des mittleren (m) Blutdrucks während des gesamten Saunabadevorgangs bei einer Temperatur von 81°C und einer absoluten Luftfeuchtigkeit von 54,5 g/m³

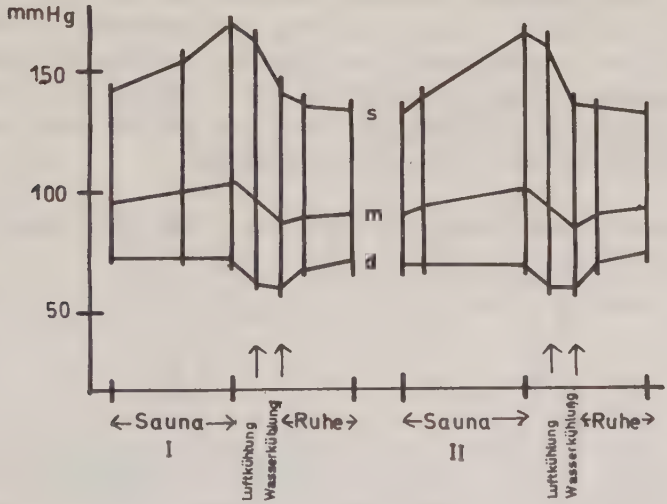

Abb. 3d : Das Verhalten des systolischen (s), des diastolischen (d) und des mittleren (m) Blutdrucks während des gesamten Saunabadevorgangs bei einer Temperatur von 93°C und einer absoluten Luftfeuchtigkeit von 42,5 g/m³

Über das genaue Pulsverhalten in der Sauna orientieren die Tabellen 14 und 15.

Die Pulsfrequenz stieg in der Sauna nicht gleichmäßig an. In den ersten beiden Minuten des Saunaaufenthaltes verzeichneten wir stets den stärksten Anstieg, der je nach Versuch 10 bis 21 Schläge betrug. Bis zum Ende des Versuchs in der zehnten Minute wurde der Pulsfrequenzanstieg, im Abstand von zwei Minuten gemessen, immer geringer, um schließlich nur noch 3 bis 7 Schläge zu betragen (s.Tab. 16).

2. Nach Kühlung und Ruhepause

Drei Minuten nach der Sauna war die Pulsfrequenz bereits um 15 bis 22 Schläge abgesunken. Durch die Kaltwasserkühlung wurde sie noch einmal um 12 bis 27 Schläge gesenkt. Die Einzelwerte sind der Tabelle 17 zu entnehmen. Das Verhalten war in beiden Gängen gleich.
Nach der Kaltwasserkühlung hatte die Pulsfrequenz wieder die Ruhewerte erreicht, die vor der Sauna gemessen worden waren. In der anschließenden Ruhepause sank sie noch weiter leicht ab und zwar in Versuch 1 und 2 zwei bzw. vier Schläge, in Versuch 3 und 4 acht bzw. zehn Schläge. Damit lag die Pulsfrequenz im ersten Saunagang am Ende der Ruhepause signifikant unter den Ruheausgangswerten (4 bis 7 Schläge/min). Im zweiten Gang lag sie nur minimal darunter (1 bis 2 Schläge/min).

Zusammenfassend zeigt die Abbildung 4 das Pulsfrequenzverhalten aller Probanden in den vier Versuchen.

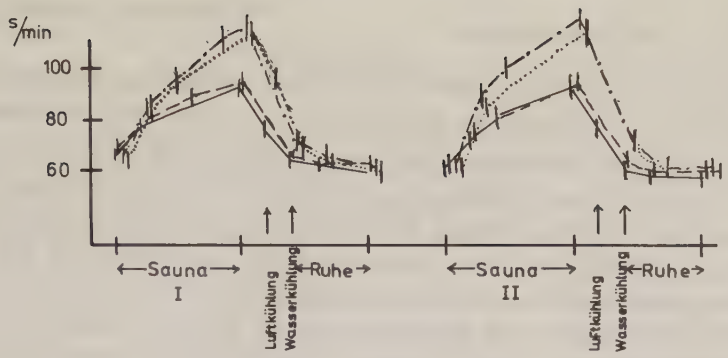

Abb. 4 : Das Verhalten der Pulsfrequenz während des gesamten Saunabadevorgangs in vier Versuchen (1. und 2. Gang)

Versuch 1 (---): Temp.65°C, absolute Luftf.33,2 g/m³
Versuch 2 (——): Temp.72°C, absolute Luftf.32,6 g/m³
Versuch 3 (...): Temp.81°C, absolute Luftf.54,5 g/m³
Versuch 4 (-.-): Temp.93°C, absolute Luftf.42,5 g/m³

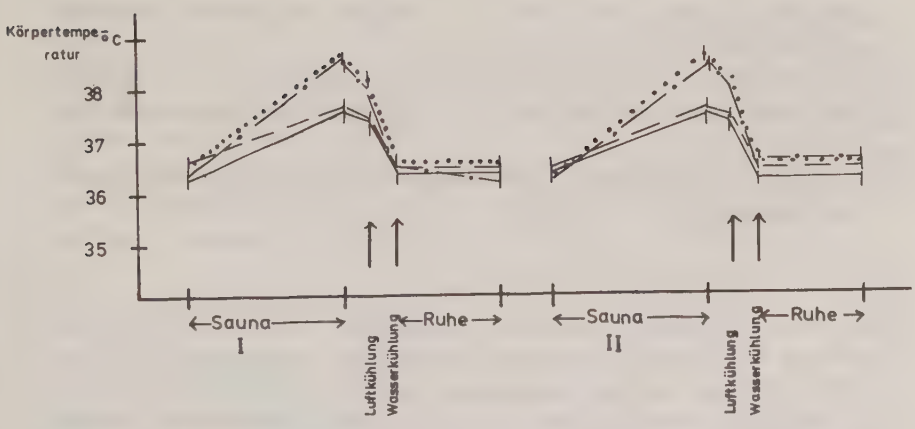

Abb. 5 : Das Verhalten der Körpertemperatur während des gesamten Saunabadevorgangs in vier Versuchen (1. und 2. Gang)

Versuch 1 (---): Temp.65°C, absolute Luftf.33,2 g/m³
Versuch 2 (——): Temp.72°C, absolute Luftf.32,6 g/m³
Versuch 3 (...): Temp.81°C, absolute Luftf.54,5 g/m³
Versuch 4 (-.-): Temp.93°C, absolute Luftf.42,5 g/m³

III. Die Atemfrequenz

Die mittlere Atemfrequenz in Ruhe betrug vor dem ersten Saunabad 18 ± 4,2 Atemzüge (AZ)/min, vor dem zweiten 14 ± 4,8 AZ/min.

In der Sauna veränderte sich die Atemfrequenz praktisch nicht. In Versuch 1 und 3 sank sie um 5 bzw. 4 AZ/min, in Versuch 2 und 4 um 2 AZ/min. Diese Differenz war unbedeutend. Sie befand sich innerhalb der Standardabweichung. Das Verhalten der Atemfrequenz war in beiden Saunabädern gleich.
Nach der Sauna stieg die Atemfrequenz wieder leicht, aber nicht signifikant an (1 bis 4 AZ/min). Durch die Kaltwasserkühlung blieb sie unbeeinträchtigt. Nach 15 min Ruhe war sie wieder leicht abgesunken (1 bis 3 AZ/min).

IV. Die Körpertemperatur

Vor dem ersten Saunabad betrug die Körpertemperatur im Mittel 36,5° ± 0,35°C.

1. In der Saunaphase

In der Sauna kam es zu einem signifikanten Anstieg der Körpertemperatur von 1,1° bis 2,3°C.
In den beiden Saunagängen pro Versuch maßen wir eine fast gleich große Körpertemperaturerhöhung. Aufgetretene Differenzen betrugen maximal 0,2°C.
Die Mittelwerte für die vier Versuche sind in Tabelle 18 und 19 zusammengefaßt.

2. Nach Kühlung und Ruhepause

Durch die Luftkühlung sank die Körpertemperatur um 0,2° bis 0,5°C und nahm dann durch die Wasserkühlung noch um weitere 0,9° bis 1,8°C ab. Diese Befunde waren statistisch gesichert. Damit hatte die Körpertemperatur wieder den Ausgangswert erreicht (Tab.20).

In der Ruhepause blieb die Körpertemperatur mit einer Ausnahme unverändert. Nur im ersten Gang des vierten Versuchs sank sie noch um 0,3°C.
Zusammenfassend zeigt die Abbildung 5 das Körpertemperaturverhalten aller Probanden in den vier Versuchen.

V. Allgemeine Beobachtungen

Während der Versuche gaben die Probanden folgende subjektive Beschwerden an:
Bei den jüngsten Versuchspersonen (2o bis 3o Jahre) traten in der Sauna, undzzwar nur in Versuch 4 ($T = 93^{o}C$; $AF = 42,5\ g/m^3$), Kopfschmerzen (1 mal), allgemeines Unwohlsein (3 mal), sowie nach 4 bis 6 Minuten Hautbrennen der Zehen (2 mal) auf. Aus diesen Gründen mußte einmal nach acht Minuten der Saunaversuch abgebrochen werden. Der Proband fühlte sich unwohl und war ängstlich geworden. Nach der Wasserkühlung trat bei dieser Gruppe einmal bei einem Probanden Schwindel auf.
Bei den Probanden im Alter von 40 bis 50 Jahren klagten im Versuch 4 zwei über Hautbrennen an den Zehen, Oberschenkeln und an den Ohrmuscheln. Auch in Versuch 3 ($T = 81^{o}C$; $AF = 54,5\ g/m^3$) wurde Hautbrennen und innere Unruhe dreimal beschrieben. Der älteste Proband (76 Jahre) spürte am Ende des ersten Versuchs ein Engegefühl über der Brust. Das erste Saunabad von Versuch 4 brach er nach vier Minuten, das zweite Saunabad nach 8 Minuten ab. Zweimal wurde dieser Versuch auch noch von anderen Versuchspersonen dieser Altersgruppe (über 60 Jahre) nach der achten Minute abgebrochen. Sie klagten alle über Hautbrennen an den Beinen, der Leistenregion und den Brustwarzen. In Versuch 3 wurde einmal leichtes Unwohlsein und zweimal das beschriebene Hautbrennen der Beine angegeben.
Alle Probanden begannen nach vier bis fünf Minuten zu schwitzen. Dem Schweißausbruch ging eine allgemeine Hautrötung voraus. Bei den jüngeren Probanden war sie stärker.

VI. Der Belastungsversuch mit dem Fahrradergometer

1. Ergometerbelastung 50 Watt

a) arterieller Blutdruck

Unter der Ergometerbelastung von 50 Watt fanden wir bis zur sechsten Arbeitsminute eine Zunahme des systolischen Blutdrucks von 32 mm Hg und praktisch keine Veränderung des diastolischen Druckes (+ 5 mm Hg).
Der Anstieg des Mitteldruckes von 14 mm Hg (von 94 auf 1o8 mm Hg)

und die Amplitudenzunahme von 27 mm Hg (von 66 auf 93 mm Hg) sind damit nur auf den Zuwachs der Systole zurückzuführen.

Nach Arbeitsende fiel der systolische Blutdruck sofort bis fast auf den Ausgangswert, um ihn bis zur vierten Minute sogar noch um 9 mm Hg zu unterschreiten.

b) Pulsfrequenz

Die Pulsfrequenz stieg signifikant um 30 Schläge (von 62 auf 92 Schläge/min) an. Dabei erreichte sie in der zweiten Minute mit 88 Schläge/min schon fast den Endwert. In Ruhe sank die Frequenz sehr schnell, vor allen Dingen in der ersten Minute. Nach vier Minuten war der Ausgangswert erreicht.

2. Ergometerbelastung 100 Watt

Bei der Ergometerbelastung von 100 Watt reagierten systolischer Blutdruck und Pulsfrequenz wie im ersten Versuch mit einer Zunahme, wobei die Werte bis zur sechsten Arbeitsminute die des ersten Versuches fast um das Doppelte übertrafen.

a) arterieller Blutdruck

Der systolische Blutdruck nahm 65 mm Hg zu, der diastolische Druck blieb wieder fast unverändert (+ 4 mm Hg), der Mitteldruck stieg um 24 mm Hg (von 93 auf 117 mm Hg) und die Amplitude nahm um 51 mm Hg (von 47 auf 108 mm Hg) zu.
Nach Belastungsende fielen die Werte, erreichten aber bis zur vierten Minute die Ausgangswerte nicht ganz.

b) Pulsfrequenz

Die Pulsfrequenz stieg stark an, von 56 auf 111 Schläge/min. Der größte Zuwachs war wieder in den ersten beiden Minuten zu verzeichnen.
In Ruhe nahm die Frequenz schnell ab, erreichte aber auch hier bis zur vierten Minute den Ruhewert nicht ganz.
Die gesamten Ergebnisse des Ergometerversuches sind in Tabelle 21 und 22 zusammengestellt.

E. DISKUSSION

I. Kritik der Methode

1. Kritische Stellungnahme zu den angewandten Untersuchungsverfahren

a) Messung der Saunatemperatur und Luftfeuchtigkeit

Voraussetzung für unsere Untersuchungen ist die genaue Registrierung von Saunatemperatur und Luftfeuchtigkeit. Da Geräte, die nach dem psychrometrischen Prinzip arbeiten, sehr teuer und umständlich zu handhaben sind, haben wir uns für einen Spezial-Sauna-Hygrometer entschieden. Nach BRAUCKHOFF (7) ermöglicht das Gerät eine genaue Messung der Temperatur durch den Einbau eines Bimetallstreifens, der Luftfeuchtigkeit durch ein sogenanntes Durotherm-Meßelement. Der auf der Skalenscheibe gleichzeitig angezeigte entsprechende Taupunkt stimmte exakt mit unseren berechneten Werten überein.

b) Feststellung der Körpertemperatur

Die Feststellung der Körpertemperatur in der Sauna ist wegen der hohen Umgebungstemperatur sehr problematisch, worauf schon BRUNE (8) hinweist. Aus diesem Grund wurde die Messung in früheren Untersuchungen meistens sofort nach dem Saunabad durchgeführt. Dabei ist die sublinguale (10,32,71) und axillare (4,83, 84) Bestimmung bevorzugt worden. Nach OTT (71) ist zu diesem Zeitpunkt die sublingual gemessene Temperatur praktisch gleich der Rektaltemperatur, aber 0,4° - 0,6°C über der axillaren.

Um das Verhalten der Körpertemperatur in der Sauna genau studieren zu können, ist eine Messung in der Wärme erforderlich. In einigen früheren Versuchen wurde sie rektal (19,50), sublingual (59,69) und mediastinal (73,74) bestimmt. FRITZSCHE (25,29) bevorzugte die rektale Messung, da die dort gefundenen Werte den Wärmezustand des Körperkerns widerspiegeln würden. Nach seinen Untersuchungen (29) hält er die sublingual gemessene Körpertemperatur durch die Umgebungswärme für zu sehr be-

einflußt. Auf der anderen Seite haben MEAD und BONMARITO (64) nachgewiesen, daß beim schnellen Wechsel von warmer zu kalter Umgebung die Rektaltemperatur nicht die genaue Kerntemperatur widerspiegelt. Dies wird von Versuchen im Forschungslaboratorium der Sauna - Seura (Helsinki) bestätigt (73,74). Nach den Angaben der Untersucher ist die Rektaltemperatur bei raschen Wärmebelastungen -wie sie in der Sauna auftreten- ein verhältnismäßig schlechter Indikator der Wärmespeicherung des Körpers, da die Rektaltemperatur eine langsame Reaktion aufweist. Erst in der Endphase des Saunaaufenthaltes (nach 30 min) folgt der Anstieg der Rektaltemperatur der Entwicklungsrichtung der anderen inneren Temperaturen, die mit einem Spezialthermometer in der Speiseröhre gemessen worden sind.

Da sich Sublingual- und Mediastinaltemperatur gleichmäßig verhalten, haben wir uns für die sublinguale Messung der Körpertemperatur entschieden. Die Methode ist bei genügender Sorgfalt in hohem Maße frei von Fehlerquellen zu halten, wie der von uns ermittelte mittlere Fehler von 0,1°C zeigt.

c) Messung des arteriellen Blutdrucks

Die von uns benutzte indirekte Blutdruckmessung nach RIVA - ROCCI - KOROTKOFF genügt vollkommen dem vergleichenden Charakter unserer Untersuchung (6). Der unvermeidliche Meßfehler bleibt bei der wiederholten Bestimmung unverändert und läßt daher steigende und fallende Tendenzen sicher erkennen. Gemessene Differenzen, die geringer als 10 mm Hg waren, haben wir aus messtechnischen Gründen nicht bewertet. Die direkte arterielle Blutdruckmessung, wie sie BACHMANN (2) vornahm, haben wir unseren Versuchspersonen nicht zugemutet. Sie ermöglicht zwar mit Hilfe der Telemetrie eine kontinuierliche Messung absoluter Werte, bringt aber für unsere Fragestellung keine Vorteile.
Wir haben unsere Befunde nur an liegenden Probanden erhoben, weil nach OTT (71) die Blutdruckwerte in der Sauna bei waagerechter Körperhaltung einheitlicher sind als im Sitzen und PROKOP (75) diese Stellung als die in der Sauna kreislaufrationellste empfiehlt.

2. Kritik der Versuchsbedingungen

Die in unserer Untersuchung verwandten Saunatemperaturen und Luftfeuchtigkeiten entsprechen in Versuch 1 und 2 den üblichen physikalischen Saunaverhältnissen (29). In Versuch 3 und 4 sind wir über sie hinausgegangen. Temperaturen von 81° bzw. 93°C kommen zwar in der richtigen, trockenen Sauna vor, die absoluten Luftfeuchtigkeiten von 54,5 bzw. 42,5 g H_2O / m^3 Luft sind aber mit Sicherheit für die Sauna zu hoch, auch wenn ÄIKÄS (1) in jüngster Zeit ähnliche Werte empfiehlt. Der überwiegende Teil der Untersucher (16,19,27,39,40,60,71) lehnt solche Saunabedingungen ab. Die Beschwerden unserer Versuchspersonen, die nur in Versuch 3 und 4 angegeben wurden, bestätigen diese Feststellung. Da aber nach unserer Erfahrung und zahlreichen Literaturstellen (4,5,12,27,29,58) eine feuchte Sauna oft möglich ist, bedingt durch einen zu kleinen Raum, den Mangel an ausreichender Ent- und Belüftung und die ungünstige Lage der Duschräume direkt vor dem Saunaraum, ist die Untersuchung der Wirkung solcher Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten auf den menschlichen Kreislauf von Bedeutung.

Neben der Lufttemperatur und Luftfeuchtigkeit ist als dritte Versuchsbedingung in der Sauna die Expositionszeit anzusehen. Wir haben sie willkürlich auf 10 Minuten festgesetzt, wobei wir uns auf FRITZSCHE (29) und KRAUSS (54) stützen, die diese Zeitdauer für das Saunabad empfehlen. Andere Autoren (19,22, 70,71,77,86) wiederum haben bei den Versuchen die Probanden selbst entscheiden lassen, wann sie das Saunabad beenden wollten. Dagegen steht die Meinung von KOSIEK u.a. (52) und LEHTMETS (58), die gerade die Badedauer bei dem Vergleich der Ergebnisse berücksichtigt wissen wollen.
Im Folgenden werden wir zum Vergleich der von uns beobachteten Maximalwerte im Saunaraum nur Untersuchungen heranziehen mit einer Wärmeexpositionszeit von 10 bis 12 Minuten (2,5,8,16,18, 27,28,48,52,62,68,69,90). Bei länger dauernden Versuchen (9,11, 21,32,35,43,50,60,71,73,75,77,83,84,86,87) haben wir die der zehnten Minute entsprechenden Zwischenwerte Tabellen oder Schaubildern entnommen. In besonderen Fällen wird auf die genaue

Versuchszeit hingewiesen werden.

3. Kritische Beurteilung des Untersuchungsgutes

Die von uns untersuchten 18 Personen stellen eine inhomogene Gruppe dar. Bei ihrer Auswahl ist besonders auf Saunagewöhnung und -verträglichkeit sowie den Zustand des kardiovaskulären Systems geachtet worden. Es ist uns bewußt, daß bei der Auswahl der Probanden nicht unbedingt ein Anspruch auf Allgemeingültigkeit erhoben werden kann.
Die Altersunterschiede haben in der Sauna keine wesentliche Bedeutung. Mit dieser Aussage müssen wir bei der geringen Anzahl der Versuchspersonen vorsichtig sein, da wir feststellen konnten, daß die jüngeren Probanden gegenüber den älteren eine etwas stärkere Reaktion des systolischen Blutdruckes und der Pulsfrequenz zeigen. Unter den extremen Bedingungen in Versuch 3 und 4 ist der Anstieg des systolischen Blutdrucks bei den 20 bis 50 jährigen um etwa 15 - 20 mm Hg größer als bei den über 60 Jahre alten Personen. Der Pulsfrequenzanstieg ist in allen vier Versuchen bei den Jüngeren am stärksten (bis zu 20 Schläge/min mehr). Eine ähnliche Erfahrung haben MÜLLER - LIMMROTH und RUFFMANN (69) gemacht.

II. Besprechung unserer Ergebnisse

Bevor wir unsere Ergebnisse besprechen, möchten wir auf die Schwierigkeiten hinweisen, die sich bei einem Vergleich mit der Literatur ergeben. Fast allen Untersuchungen über die Sauna liegen andere Versuchsbedingungen und zum Teil erhebliche Unterschiede in der Versuchsdurchführung, dem Probandengut und in der Registriertechnik zugrunde. Man hat zum Beispiel bei unterschiedlichen Wärmeexpositionszeiten und raumklimatischen Verhältnissen untersucht, was nach unseren Untersuchungen von bedeutender Rolle ist. Andere Autoren (8,22,69,82) erklären die teilweise gegensätzlichen Meßergebnisse mit konstitutionellen Faktoren, der Annahme verschiedener vegetativer Ausgangslagen und Regulationstypen sowie unterschiedlichen Saunagewöhnungsgraden. Auch erschwert die Veröffentlichung von reinen Maximal-

werten ohne die Benennung der Ruheausgangswerte den Vergleich der einzelnen Ergebnisse noch mehr, was schon LEHTMETS (58) kritisiert.

I. Die Wirkung der Sauna auf die Körpertemperatur

In der Sauna wird dem Badenden, dessen Kerntemperatur wesentlich niedriger ist als die Temperatur der Umgebung, durch Leitung, Konvektion und Strahlung Wärmeenergie zugeführt. Die Wärmeaufnahme beträgt in der trockenen Sauna durchschnittlich 12 kcal/min (27), was nach FRITZSCHE (26) einem Kerntemperaturanstieg von 1,5°C für ein Saunabad von 10 Minuten Dauer entspricht. Für Temperaturdifferenzen von 20° bis 40°C zwischen der Saunaluft und der Körpertemperatur errechnet SCHULZE (85) für einen zehnminütigen Aufenthalt eine Steigerung der Kerntemperatur von 0,7° bis 1,4°C; Voraussetzung ist aber, daß keinerlei Verdunstung auftritt. Diese theoretisch ermittelten Werte liegen im Bereich der von uns in Versuch 1 und 2 beobachteten Meßergebnisse. Hier wurde für ein zehnminütiges Saunabad eine Körpertemperaturerhöhung von durchschnittlich 1,1°C festgestellt.
Alle bisherigen Untersuchungen über das Verhalten der Körpertemperatur in der Sauna verzeichnen einen Anstieg, wobei sich Unterschiede von 0,1° bis 3,2°C finden (1,3,4,10,11,19,21,24,27, 32,34,36,37,38,43,45,48,50,55,59,62,69,71,73,83,84).
Vier Autoren haben die Körpertemperatur sublingual gemessen. COVALT (10), OTT (71) und GÜNTHER u.a. (32) führten die Messung jeweils direkt nach der Sauna durch. Sie fanden Körpertemperaturanstiege von 0,6°, 1,2° und 2,1°C. Diese Werte entsprechen annähernd den von uns in der Luftkühlung gefundenen Ergebnissen. Die Temperaturerhöhung beträgt in unseren vier Versuchen zu diesem Zeitpunkt 0,9° bis 2,0°C. MÜLLER - LIMMROTH und RUFFMANN (69) maßen wie wir sublingual in der Sauna. Die Versuche dieser Autoren sind bei einer Wärmeexpositionszeit von 10 Minuten, einer Saunatemperatur von 85° bis 90°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 15 bis 17 Prozent zur vergleichenden Gegenüberstellung mit unserem Versuch 3 (T = 81°C; RF = 18%) geeignet. Der von ihnen ermittelte Anstieg der Körpertemperatur beträgt 1,8°C. Dieser Wert liegt etwas unter dem von uns gefundenen

Durchschnitt von 2,2°C.
Es besteht in unserer Untersuchung keine Korrelation zwischen den vor und in der Sauna gemessenen Körpertemperaturen. Ursache ist die individuell verschiedene Wärmetoleranz (48,86) der Probanden, was aus der breiten Streuung der Körpertemperaturen von 0,2° bis 0,6°C zu ersehen ist. Es ist demnach nicht möglich, im Einzelfall eine Voraussage für den Körpertemperaturenanstieg in der Sauna zu geben.

Eine Verlaufskontrolle der Körpertemperatur in der Sauna ist von uns nicht durchgeführt worden. Da sich aber Sublingual- und Mediastinal-Temperatur gleichmäßig verhalten, können wir die sublinguale Temperaturkurve während der zehn Saunaminuten aus den Untersuchungen von PIIRONEN und ÄIKÄS (1,73) ableiten. Sie haben einen zweiphasigen Verlauf der Körpertemperaturen gefunden. In den ersten fünf Minuten des Saunaaufenthaltes kommt es zu einem steilen Anstieg der Hauttemperatur von etwa 32° auf 40°C. In diesem Stadium ermitteln sie für die tieferen Körperregionen noch unbedeutende Temperaturveränderungen. In der zweiten Phase registrieren PIIRONEN und ÄIKÄS einen Rückgang der Anstiegsgeschwindigkeit der Hauttemperatur, evtl. sogar ein Absinken der Hauttemperatur bei gleichzeitig einsetzendem kräftigem Schwitzen. Nach einer Zeit der Stabilität steigt die Hauttemperatur erneut an, bis zur zwanzigsten Minute auf 41,3°C. Die Geschwindigkeit dieses Anstiegs nähert sich der gleichzeitigen Anstiegsgeschwindigkeit der inneren Körpertemperatur, also auch der Sublingualtemperatur, die erst in dieser zweiten Phase wesentlich zu steigen beginnen. PIIRONEN und ÄIKÄS beobachteten bis zur zehnten Minute einen Anstieg der Mediastinaltemperatur von 1,3°C, der Rektaltemperatur von nur 0,2°C.

Die Ursache der Körpertemperatursteigerung in der Sauna ist die Insuffizienz der auf normale Körpertemperatur eingestellten Thermoregulation, die auch während der Hyperthermie weiterarbeitet (32,70,72,83).
Unter normalen Temperaturverhältnissen gibt der Organismus, der bestrebt ist, seine Kerntemperatur auf 37°C zu halten, ständig Wärme an seine Umgebung ab. Dies geschieht in Form von Konvektion,

Wärmestrahlung und Wasserverdunstung. Bei der hohen Umgebungstemperatur der Sauna versagt diese physikalische Wärmeregulation. Der Versuch, durch Steigerung der Hautdurchblutung den konvektiven Anteil der Wärmeabgabe zu erhöhen, indem das warme Blut des Körperkerns (37°C) in die normalerweise kühlere Körperschale (32°C) verlagert wird, verwandelt sich in einen Nachteil (20,31). Infolge der hohen Saunatemperatur steigt die Temperatur der Haut über die Kerntemperatur, und es wird durch die verstärkte Hautdurchblutung Wärme aufgenommen, anstatt abgegeben. Die Wärmeabgabe durch Atmung ist gering und wird von der Feuchtigkeit und der Temperatur der Saunaluft bestimmt (1). Die Möglichkeit, durch Strahlung Wärme abzugeben, ist in der Sauna infolge der hohen Strahlungstemperatur gleich Null. Die Zustrahlung ist größer als die Abstrahlung (85). Damit bleibt dem menschlichen Organismus als einziger Regulationsmechanismus gegenüber der Hitzeeinwirkung in der Sauna nur die Möglichkeit der Wärmeabgabe durch Wasserverdunstung an der Körperoberfläche (8,31,69,88). Von der transpirierten Wassermenge (20 bis 30 g/min) wird aber nur ein geringer Teil verdunstet, ca. 5 bis 10 g/min, die wesentliche Wassermenge rinnt vom Körper ab (29,32). Je tiefer der Taupunkt der Sauna liegt, umso höher ist die Verdunstungsrate des Körpers. Trotzdem gleicht auch in der trockenen Sauna die Verdunstungskühlung nur etwa zur Hälfte die aufgenommene Wärme aus (29). Auch diese Möglichkeit fällt schließlich fort, wenn der Wasserdampfpartialdruck der Saunaluft den Dampfdruck der maximal erwärmten feuchten Haut übersteigt. Es kommt zur Kondensationsbildung auf der Haut, was einen noch schnelleren und stärkeren Wärmetransport bedingt. In diesem Fall liegt der Taupunkt der Saunaluft über der Hauttemperatur (20,25).

Unsere experimentellen Untersuchungen lassen sich durch diese These erklären. In normalen Saunaverhältnissen, wie sie bei den ersten beiden Versuchen mit Temperaturen von 65° bzw. 72°C und einer absoluten Luftfeuchtigkeit von rund 33 g H_2O/m^3 Luft herrschen, ist der Körpertemperaturanstieg mit 1,1°C gering. In diesen Versuchen liegt der Dampfdruck der Haut (etwa 50 Torr) über dem Dampfdruck der umgebenden Luft (38,5 Torr). Der Taupunkt

der Luft liegt mit 33,5°C genügend unter der Hauttemperatur, wie es FRITZSCHE (27) fordert. Versuch 3 zeigt dagegen deutlich den Nachteil einer feuchten Sauna. Hier ist mit 66,5 Torr der Dampfdruck der Saunaluft über dem der Hauttemperatur entsprechenden Druck; der Taupunkt der Luft (43,3°C) übersteigt die Hauttemperatur. Eine Verdunstung ist bei der geringen Luftströmungsgeschwindigkeit unmöglich. Es kommt zur Kondensatbildung mit der Folge eines schnelleren Körpertemperaturanstieges. In derselben Zeiteinheit von zehn Minuten steigt die Körpertemperatur um das Doppelte (+ 2,2°C) an, verglichen mit den ersten beiden Versuchen.
In Versuch 4 liegen der Wasserdampfpartialdruck (55,3 Torr) und die Temperatur der feuchten Haut (40°C) etwas über den entsprechenden Werten der Saunaluft. Bei einem Dampfdruck von 53 Torr und einem Taupunkt der Saunaluft von 39,2°C ist eine Verdunstungskühlung noch möglich, wenn auch gering. Hier ist der Körpertemperaturanstieg von 2,2°C zum größten Teil durch die hohe Saunatemperatur von 93°C verursacht. Die Übereinstimmung des Körpertemperaturanstieges mit dem gemessenen Wert in Versuch 3 ist zufällig.

Unsere Versuche stützen die Forderung FRITZSCHE's nach einer trockenen Sauna mit Luftfeuchtewerten von etwa 30g H_2O/m^3 (27,29). Sie widerlegen LUNDGREN's (60) Behauptung, daß Hitzegrade gut vertragen werden, solange der Taupunkt der Luft unter 50°C bleibt. Auch ÄIKÄS (1) Empfehlung bei Temperaturen von 80° bis 100°C Feuchtigkeiten von 50 bis 60g H_2O/kg Luft zu verwenden, müssen wir ablehnen. Die Beschwerden unserer Versuchspersonen, die nur in Versuch 3 und 4 geäußert wurden, sind ein weiterer Hinweis.

Es bestehen unterschiedliche Meinungen über die Abhängigkeit der Körpertemperatur von der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit der Sauna. SCHRÖDER und ECKARDT (84) finden in ihren Untersuchungen bei gleichen Raumtemperaturen eine Abhängigkeit des Körpertemperaturenanstieges von der Luftfeuchtigkeit. Sie erhalten in der "feuchten" Sauna einen mehr als doppelt so großen Körpertemperaturanstieg, verglichen mit der "trockenen" Sauna. Die Autoren geben keine exakten Werte für die physikalischen

Saunaverhältnisse an. Für höhere Temperaturen stellen sie einen schnelleren Anstieg der Körpertemperatur fest. KLINGLER - MANDIG (48) kann keine unmittelbar eindeutige Beziehung zwischen Körpertemperatur und Saunatemperatur feststellen. EISALO (19) beobachtet keine Wechselbeziehung zwischen der Naßtemperatur der Sauna und der Rektaltemperatur. Es besteht aber nach diesem Autor eine hochsignifikante Korrelation zwischen der Trockentemperatur der Sauna und der Rektaltemperatur. Er ermittelt bei einer Erhöhung der Saunatemperatur um 10°C eine Steigerung des Körpertemperaturwertes von 0,36°C. LUNDGREN (62) erhält bei steigenden Saunatemperaturen größere Erhöhungen der Rektaltemperatur. Der Körpertemperaturanstieg ist nach Dampfstößen signifikant und hängt von der "Stärke des Aufgußes" ab.

In unserer Untersuchung haben wir eine statistisch gesicherte Korrelation zwischen der Sublingual- und der Saunatemperatur nachweisen können. Mit steigender Saunatemperatur wird die Körpertemperaturerhöhung größer. Für die in der zehnten Versuchsminute gemessene Körpertemperatur ergibt sich bei einer Erhöhung der Saunatemperatur um 10°C ein Anstieg von 0,92°C (Abb. 6). Keine sichere Abhängigkeit konnte zwischen der Körpertemperatur und der Luftfeuchtigkeit in der Sauna gefunden werden. Daß aber eine Beziehung zwischen der Körpertemperatur und der Luftfeuchtigkeit der Sauna bestehen kann, ist nach den genannten Zusammenhängen zwischen dem Wasserdampfpartialdruck der Saunaluft und der Verdunstungsmöglichkeit durch die Haut wahrscheinlich.

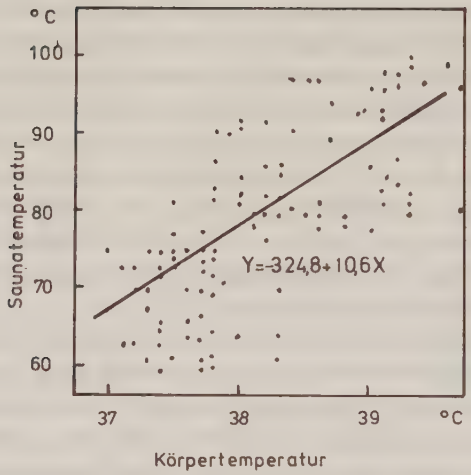

Abb. 6 : Verhältnis von Körpertemperatur nach 10 min Sauna zu Saunatemperatur ($r = 0,74$; $2p < 0,01$)

Die physikalischen Saunabedingungen entscheiden darüber, wie groß der Körpertemperaturanstieg in der Sauna ist; es besteht aber auch eine Beziehung zwischen diesem Anstieg und den konstitutionellen Verhältnissen, der Körperhaltung und der Aufenthaltsdauer der Probanden in der Sauna (19,29,31,58,62,71). Die Größe der verschiedenen Einflüsse kann nicht klar von einander abgegrenzt werden.

Nach KARVONEN (46) sind alle physiologischen Reaktionen, die ein Saunabad auslösen, grundsätzlich auf die Steigerung der Körpertemperatur zurückzuführen. Sie sind entweder gegen die Störung des Temperaturgleichgewichtes gerichtet, wobei die Schweißverdunstung im Dienste der Kühlung das wichtigste und einzig wirksame Mittel ist, oder sie sind unmittelbare Wirkungen der erhöhten Körpertemperatur. Dazu zählen unter anderem der erhöhte Stoffwechselumsatz (34,62,71), die Beschleunigung der Blutzirkulation (20,34) und nach etwa 30 Minuten eine Atemfrequenz-

steigerung (50,83).
Wir können durch unsere Untersuchungen diese Behauptung KARVONEN's von der sekundären Wirkung des Körpertemperaturanstieges teilweise belegen. Wir finden eine hochsignifikante Korrelation zwischen der am Ende der Sauna gemessenen Körpertemperatur und dem zu diesem Zeitpunkt bestehenden systolischen Blutdruck. Die Erhöhung der Körpertemperatur um 1°C entspricht einem Anstieg des systolischen Blutdruckes von 56 mm Hg (Abb. 7). Ebenfalls hochsignifikant ist die Korrelation zwischen der Körpertemperatur und der Pulsfrequenz am Ende des Saunaaufenthaltes, was OTT (71) und KLINGLER-MANDIG (48) bestätigen. Mit der Körpertemperaturerhöhung von 1°C steigt die Pulsfrequenz um 62 Schläge an (Abb. 8). Zum gleichen Ergebnis kommen WEZLER und THAUER (88) in ihren eingehenden Untersuchungen der Pulsfrequenzänderungen bei steigender Körpertemperatur. KOWARSCHIK (53) berichtet über Pulsfrequenzerhöhungen von 18 bis 20 Schlägen/min bei einem Anstieg der Körpertemperatur um 1°C. Keine Beziehung liegt nach unseren Untersuchungen zwischen der Körpertemperatur und dem diastolischen Blutdruck sowie der Atemfrequenz vor.

2. Die Wirkung der Sauna auf den arteriellen Blutdruck

Über die Wirkung der Sauna auf den normalen arteriellen Blutdruck besteht in der Literatur keine einheitliche Auffassung.
Die am meisten gemachte Beobachtung ist ein Ansteigen des systolischen Blutdruckes und ein Gleichbleiben oder Absinken des diastolischen Blutdruckes in der Wärme der Sauna (3,4,5,18,21,42, 43,45,60,70,73,75,88). Andere Untersuchungen ermitteln eine Abnahme beider Blutdruckwerte, zumindest des systolischen Druckes (5,14,16,17,19,27,48,50). Selten liegt ein Ansteigen des systolischen und diastolischen Blutdruckes vor (59,69,71,83,84).
Manche aufgezeigten Ergebnisse lassen keine wesentlichen Änderungen der Blutdruckwerte erkennen (2,10,77,87). Die Blutdruckamplitude nimmt größtenteils zu (8,18,50,70), der arterielle Mitteldruck verhält sich uneinheitlich (2,4,77). Als Erklärungen für die teilweise gegensätzlichen Beobachtungen werden verschiedene Saunagewöhnungsgrade (69), unterschiedliche Ausgangswerte in Ruhe (29, 69), mehrere Konstitutionstypen (8,22,69) sowie die wechselnde vegetative Ausgangslage der Individuen (22,69,72) angegeben.

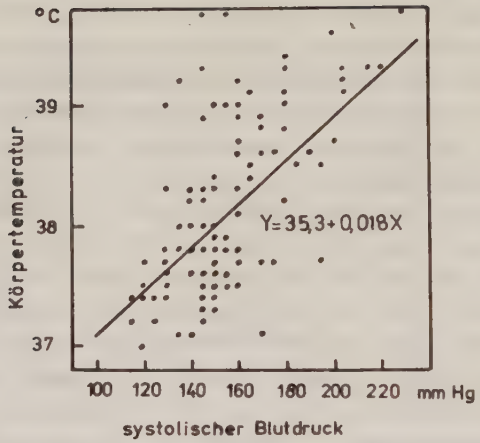

Abb. 7 : Verhältnis von Körpertemperatur zu systolischem Blutdruck nach 10 min Saunaaufenthalt bei Lufttemperaturen von 65° bis 93°C und absoluten Luftfeuchtigkeiten von 32,6 bis 54,5g H_2O/m^3 ($r = 0,61$, $2p < 0,05$)

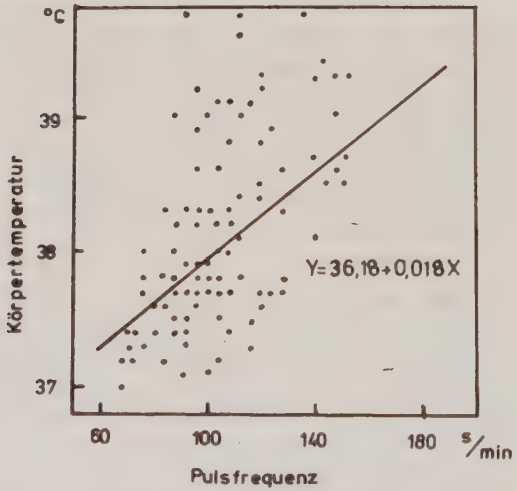

Abb. 8 : Verhältnis von Körpertemperatur zu Pulsfrequenz nach 10 min Saunaaufenthalt bei Lufttemperaturen von 65° bis 93°C und absoluten Luftfeuchtigkeiten von 32,6 bis 54,5 g H_2O/m^3 ($r = 0,67$; $2p < 0,01$)

Wir sind nach kritischer Beurteilung der vorliegenden Beobachtungen sowie der eigenen Versuche der Meinung, daß es in der normalen, trockenen Sauna zu keiner signifikanten Blutdruckänderung kommt. Die gefundenen Blutdruckschwankungen haben in der Literatur im Durchschnitt nur etwa 10 mm Hg, höchstens jedoch 20 mm Hg, betragen. Aus einer solchen Steigerung oder Verringerung des systolischen bzw. des diastolischen Blutdruckes einen grundsätzlichen Anstieg oder Abstieg der Blutdruckwerte herzuleiten, halten wir für nicht berechtigt. Unsere eigenen Untersuchungen haben dies bestätigt. In Versuch 1 und 2, bei trockener Sauna, ergeben sich unbedeutende Blutdruckänderungen. Die Zunahme des systolischen Blutdruckes um 4 bis 7 mm Hg und das Schwanken des diastolischen Blutdruckes von + 4 bis - 8 mm Hg um den Ruheausgangswert können wir vernachlässigen. Der mittlere arterielle Blutdruck und die Blutdruckamplitude bleiben bei einer Saunatemperatur von etwa 60° bis 75°C und einer absoluten Luftfeuchtigkein von 33 g H_2O/m^3 Luft praktisch unverändert, solange die Wärmeexpositionszeit des Badenden nicht über das übliche Maß (10 Minuten) hinausgeht.

Von diesen Ergebnissen unterscheiden sich die weiteren Versuche signifikant. Bei einer Saunatemperatur von 80° bis 96°C und einer absoluten Luftfeuchtigkeit von rund 42 bis 55 gH_2O/m^3 Luft, kommt es zu einem Anstieg des systolischen Blutdruckes von 22 bis 34 mm Hg. Der diastolische Druck bleibt dagegen auch in diesen Versuchen praktisch konstant, mit Ausnahme im zweiten Saunagang von Versuch 3, wo er um 12 mm Hg absinkt. Der arterielle Mitteldruck steigt dementsprechend um etwa 10 mm Hg an, die Blutdruckamplituden nehmen je nach Versuch 16 bis 37 mm Hg zu. Dieser Befund entspricht den Beobachtungen von BAUER (5), der ebenfalls in der Sauna durchschnittliche systolische Blutdruckerhöhungen von 25 mm Hg, maximal von 40 mm Hg fand, bei einem im Mittel unveränderten diastolischen Blutdruck. Seine Versuchsbedingungen (Temperatur 85° bis 90°C, Taupunkt der Luft etwa 45°C, Expositionszeit 10 bis 12 Minuten) können mit den Unsrigen von Versuch 3 und 4 verglichen werden.

Bemerkenswert ist die relativ große Streuung der Einzelwerte des systolischen und diastolischen Blutdruckes, sowohl in Ruhe als auch in der Sauna, was OTT (71) und EISALO (19) ebenfalls

beobachten. Sie erschwert eine Voraussage für das Blutdruckverhalten unter dem Einfluß der Sauna. Bei einem Vergleich der vor der Sauna gemessenen Blutdruckwerte mit denen, die am Ende der Sauna erhoben werden, erhalten wir in der Systole für Versuch 2 und 4, und in der Diastole für Versuch 1 und 2 einen signifikanten linearen Korrelationskoeffizienten. Nach EISALO (19) besteht immer eine solche signifikante Korrelation zwischen den vor und in der Sauna festgestellten systolischen, diastolischen sowie mittleren arteriellen Blutdruckwerten. Es ist in unseren Versuchen möglich, daß die Streuung der Einzelwerte von der Meßmethodik mitverursacht worden ist. Denn der den Blutdruck Messende ist im Heißluftraum der Sauna beeinträchtigt, da er bei der Messung seinen eigenen Puls im Ohr laut klopfen hört, was auch DORSCHNER (14) als Nachteil angibt.

Die Ursache für das oben aufgezeigte unterschiedliche Blutdruckverhalten der Probanden ist nach unserer Meinung, in Übereinstimmung mit der Auffassung von LUNDGREN (60), PYSTYNEN (77) und HASAN u.a. (35), in den verschiedenen physikalischen Saunabedingungen zu suchen. Sie erklären zum Teil auch die recht divergierenden Angaben in der Literatur. Hinweise für die Richtigkeit dieser Deutung geben die Beobachtungen von BARTELS (4), LUNDGREN (60), HOSKE (42), OTT (71) und KARSTEN (45); beim Dampfstoß, einer kurzfristigen Erhöhung der Wärmebelastung des Körpers, kommt es zu einem Blutdruckanstieg. Dagegen erhält KLINGLER-MANDIG (48) in seiner Untersuchung keine eindeutige Beziehung zwischen der Saunatemperatur und dem Blutdruck. Seine Versuche erstrecken sich aber nur auf Temperaturen von 50° bis 75°C. Nach EISALO's (19) Berechnungen brauchen die Saunaeigenschaften nicht in die Betrachtung ihrer Wirkungen auf den arteriellen Blutdruck einbezogen zu werden, da keine signifikante Regression bestehe. Wenn die Endresultate auch in gewissem Maße von der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit der Sauna abhängen würden, so sei doch ein wesentlicher Einfluß unwahrscheinlich.
Als Ergebnis unserer Untersuchungen bei Lufttemperaturen von 65° bis 93°C und absoluten Luftfeuchtigkeiten von 32,6 bis 54,5 g H_2O/m^3 Luft, erhalten wir eine hochsignifikante Korrelation zwischen der Saunatemperatur und dem in der zehnten Minute ge-

messenen systolischen Blutdruck. Mit steigender Lufttemperatur werden in den vier Versuchen nach einem zehnminütigen Saunaaufenthalt die systolischen Blutdruckwerte immer größer. Je 10°C Temperaturanstieg findet sich eine Steigerung des systolischen Druckes von 30 mm Hg (Abb.9). Keine signifikante Korrelation haben wir nachweisen können für die Beziehung zwischen dem diastolischen Blutdruck und der Saunatemperatur. Ebenfalls keinen nachweisbaren Einfluß hat die Luftfeuchtigkeit auf den arteriellen Blutdruck.

Die physikalische Wärmeregulierung in der Sauna wird vom Körper hauptsächlich durch den Einsatz des Kreislaufes bewerkstelligt (20,63,94). Durch die Änderung der Hautdurchblutung wird die Temperatur der Haut und damit die Höhe der Schweißverdunstung den veränderten Außenbedingungen angepaßt. Der arterielle Blutdruck, als eine der Zustandsgrößen des Blutkreislaufes, ist das Resultat verschiedener hämodynamischer Faktoren. Das Herzminutenvolumen, der periphere Widerstand, das Blutvolumen im arteriellen System, die Blutviskosität und die Elastizität der Arterienwände können als Stellglieder angesehen werden, die den arteriellen Druck im Sinne einer biologischen Regelung einstellen (65, 95). Die Sauna nimmt auf diese einzelnen Faktoren einen verschieden großen Einfluß, zum Teil mit entgegengesetzter Wirkung für den Blutdruck. Das Herzminutenvolumen wird gesteigert (8,15, 19,54,63,71, 88), in erster Linie durch Erhöhung der Pulsfrequenz (47). Es beträgt nach den Berechnungen von OTT (71) 200 bis 300 Prozent seines Ruhewertes. EISALO (19) findet experimentell unter Anwendung der Farbstoffverdünnungsmethode nach STEWART-HAMILTON deutlich geringere Werte. Er registriert einen Anstieg von 73 Prozent (von 5,31 Liter in Ruhe auf 9,16 Liter nach 21 Minuten in der Sauna). Infolge der Erweiterung der Hautgefäße, besonders der Arteriolen und Kapillaren, sowie der Eröffnung arterio-venöser Anastomosen nimmt der periphere Widerstand ab (2,8,54,88), nach EISALO (19) um 42 Prozent. Das zentrale Blutvolumen weist zugunsten der vermehrten Gefäßfüllung der Peripherie eine Erniedrigung von 25 Prozent auf (19,47). Das zirkulierende Blutvolumen bleibt konstant (19,47). Seine regulative Mitwirkung in der Anpassung des Herzminutenvolumens ist damit unwahrscheinlich, dagegen die Steigerung der Umlaufge-

schwindigkeit des Blutes um 120 Prozent (3,19,88) hierfür von großer Bedeutung. Die Blutviskosität nimmt in der Sauna ab (19, 29,35), der Tonus der arteriellen Gefäßwand steigt in der Wärme an (31,94).
Es konkurrieren somit in der Sauna herzbelastende und die Kreislaufarbeit erleichternde Faktoren miteinander, was besonders für das erhöhte Herzminutenvolumen auf der einen und die erhebliche Verminderung des arteriellen Gesamtwiderstandes auf der anderen Seite gilt. Unter normalen, trockenen Saunaverhältnissen kompensieren sie sich fast vollständig, wie unsere ersten beiden Versuche ergeben haben. Eine gleiche Interpretation für das Blutdruckverhalten in der Sauna geben KRAUSS (54), KLINGLER-MANDIG (48), EISALO (19), MÜLLER-LIMMROTH und RUFFMANN (69), LANGREHR (57), DREXEL (15), SCHWEINITZER (87), HASAN u.a. (35) und BACHMANN u.a. (2).

Bei einer zusätzlichen Kreislaufbelastung, wie sie in unseren Versuchen 3 und 4 durch die hohe Lufttemperatur und die überhöhte Luftfeuchtigkeit besteht, kann der Blutdruck nicht mehr konstant gehalten werden. Die Erklärung für den deutlichen systolischen Blutdruckanstieg, bei gleichbleibendem diastolischen Druck, sehen wir in einem Überwiegen des gesteigerten Herzminutenvolumens über die normalerweise ausgleichende Senkung des peripheren Widerstandes. Das Herzminutenvolumen ist infolge der besonders starken Pulsfrequenzerhöhung über das übliche Maß gesteigert, wogegen der periphere Widerstand geringer als gewöhnlich gesunken ist. Hinweise hierfür geben die Beobachtungen von TAWAST-RANKEN (89) und SCHWALM (86), die bei hoher Wärmeeinwirkung ein Zusammenziehen der Hautgefäße anstatt der üblichen Erweiterung gefunden haben. Bei Fortbestand dieser Reaktion wird in den Körperteilen, in denen auch sonst schon der Blutkreislauf schlecht ist, ein lästiger Schmerz bemerkbar, wie er in Versuch 3 und 4 bei unseren Probanden aufgetreten ist. Normalerweise wird dieses Stadium bald nach Saunabeginn überwunden.
Da in unseren Versuchen aber der Blutdruckanstieg bis zur zehnten Minute in der Sauna kontinuierlich zunahm, muß eine weitere Ursache vorliegen. Möglicherweise können psychische Einflüsse zu einer Änderung des Blutdruckes geführt haben. Eine Blutdrucksteigerung, zumindest der systolischen Druckwerte, durch psych-

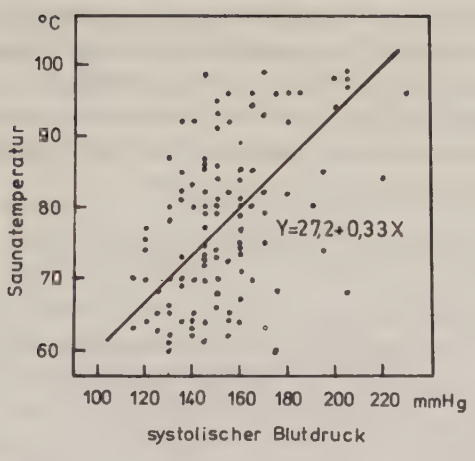

Abb. 9 : Verhältnis von systolischem Blutdruck nach 10 min Sauna zu Saunatemperatur bei absoluten Luftfeuchtigkeiten von 32,6 bis 54,5 g H_2O/m^3 ($r = 0,55$; $2p < 0,05$)

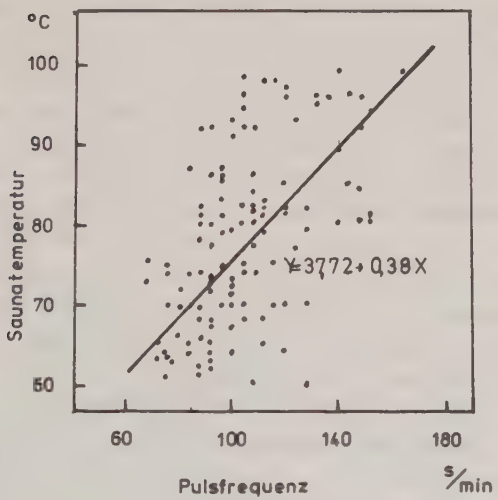

Abb. 10 : Verhältnis von Pulsfrequenz nach 10 min Sauna zu Saunatemperatur bei absoluten Luftfeuchtigkeiten von 32,6 bis 54,5 g H_2O/m^3 ($r = 0,48$; $2p < 0,05$)

ische Emotionen wird bejaht (81,95). Wir haben erwähnt, daß einige Versuchspersonen, die relativ hohen Luftfeuchtigkeiten von 42 bis 55 g H_2O/m^3 Luft als unangenehm empfunden haben. Ein brennendes Hautgefühl, verursacht durch die freiwerdende Kondenswärme, hat sogar viermal zum Versuchsabbruch nach etwa acht Minuten geführt. Das geprüfte Blutdruckverhalten ist demnach das einer Schmerzreaktion gewesen, die den systolischen Blutdruckanstieg mitverursacht haben wird.

3. Die Wirkung der Sauna auf die Herzfrequenz

In allen früheren Untersuchungen zum Verhalten der Herzfrequenz in der Sauna ist ein Frequenzanstieg beobachtet worden (2,3,5,8, 16,18,19,21,42,43,45,48,50,52,59,61,67,69,70,71,72,73,75,76,77, 83,87,91,92). Die ermittelten Werte betragen zwischen 10 und 90 Pulsschläge, die mittlere Steigerung in durchschnittlich 17 Minuten 40 Schläge. Bei gesunden Versuchspersonen ist niemals das Erreichen der kritischen Herzfrequenz von 170 Schlägen/min beschrieben worden.

Die großen Unterschiede in den Literaturangaben haben ihre Ursache einmal in der unterschiedlichen Gewöhnung der Probanden an die Sauna. OTT (71), EGGERS und GOLL (18), MÜLLER-LIMMROTH und RUFFMANN (69) weisen bei wiederholten Saunabädern eine weniger starke Reaktion der Pulsfrequenz nach. Weiter ist von Bedeutung die Dauer des Saunaaufenthaltes, was wir aus den Untersuchungsergebnissen von FEY (21), SCHRÖDER (83), PIIRONEN und ÄIKÄS (73) ersehen können und worauf FRITZSCHE (25) und KOSIEK u.a. (52) besonders hinweisen. Ein besonderer Einfluß auf die Herzfrequenz in der Sauna wird von den raumklimatischen Verhältnissen angenommen (35,52), aber auch abgelehnt (19). Unsere unter standardisierten Versuchsbedingungen gemachten Beobachtungen haben die Abhängigkeit der Pulsfrequenz von der Saunatemperatur nachgewiesen. Die Korrelation ist statistisch hochsignifikant. Bei einer Erhöhung der Saunatemperatur um 10°C ergibt sich bis zur zehnten Versuchsminute ein um 26,5 Schläge verstärkter Pulsfrequenzanstieg (Abb. 10). Beachtenswert ist die breite Streuung der Einzelwerte um die Regressionsgerade.

HASAN u.a. (35) haben eine ähnliche Beobachtung gemacht. Nach diesen Autoren ist sie bedingt durch den unsicheren Einfluß des körperlichen Trainings, der Gewöhnung an Hitze, der Konstitution, des Alters und Geschlechtes auf das Pulsverhalten in der Sauna. Keine statistisch zu sichernde Beziehung besteht in unseren Versuchen zwischen der Luftfeuchtigkeit der Sauna und der Pulsfrequenz der Probanden.

Die in der Sauna nach zehn Minuten gemessenen Pulsfrequenzen sind von den Ausgangswerten in Ruhe abhängig, wie aus signifikanten Korrelationskoeffizienten zu ersehen ist. Bei gegebenen raumklimatischen Saunaverhältnissen und bekannten Ruhepulswerten, ist somit mit hoher Wahrscheinlichkeit die Herzfrequenz unserer Probanden für zehn Minuten Saunaaufenthalt vorauszusagen. Bei 60° - 75°C Lufttemperatur und einer absoluten Luftfeuchtigkeit von 33 g H_2O/m^3 Luft beträgt der Anstieg der Frequenz im ersten Saunagang 23 bis 26 Schläge. Unter ähnlichen Versuchsbedingungen finden sich vergleichbare Angaben bei SCHRÖDER (83), EGGERS und GOLL (18), KLINGLER-MANDIG (48), LUDER (59), DZIUBA (16), PIIRONEN und ÄIKÄS (73), die den Anstieg der Herzfrequenz in der Sauna mit 15 bis 31 Schlägen angeben. In der feuchten Sauna (absolute Luftfeuchtigkeit 42 bis 55 g H_2O/m^3 Luft), bei Raumtemperaturen von 80° bis 95°C, steigt der Puls unserer Versuchspersonen im ersten Saunagang auf 113 bis 115 Schläge/min. Der Literaturvergleich zeigt, daß mit etwa 50 Schlägen die mittlere Pulssteigerung unserer Probanden mit den Ergebnissen von PROKOP (75) und BAUER (5) übereinstimmt, die einen Herzfrequenzanstieg von 48 bis 52 Schlägen unter denselben Versuchsbedingungen ermitteln.

Das von uns nachgewiesene charakteristische Verhalten der Herzfrequenz mit dem initialen Anstieg von 10 bis 21 Schlägen in den ersten beiden Minuten des Saunaaufenthaltes und der bis zum Ende des Versuches abnehmenden Anstiegssteilheit, ist von PROKOP (75), OTT (71), KOSIEK u.a. (52), SCHWEINITZER (87), MÜLLER-LIMMROTH und RUFFMANN (69) beobachtet worden. Nach ihren Angaben erhöht sich die Herzfrequenz sofort nach Betreten der Sauna um 14 bis 40 Schläge.

Die Herzfrequenzsteigerung in der Sauna ist als Folge verschie-

dener Einzelreize von komplexer Natur. Die feste Beziehung zwischen der Körpertemperatur und der Pulsfrequenz, die auch wir nachweisen konnten (Abb.14), ist bekannt (48,53,71,88). Die erhöhte Bluttemperatur hat neben einer lokalen frequenzbeschleunigenden Wirkung auf den Sinusknoten eine Erhöhung des Sympathikotonus zur Folge, vermutlich direkt über den Hypothalamus (41, 69). Die verstärkte Arbeitsleistung des Herzens im Dienste der Thermoregulation und der erhöhte Sauerstoffbedarf des Gewebes infolge des gesteigerten Stoffwechsels bedingen ebenfalls einen Anstieg der Herzfrequenz. Durch die Verbindung der Pulsfrequenzregelung mit den Regelkreisen für den arteriellen Blutdruck und das Schlagvolumen ist eine weitere Einflußmöglichkeit gegeben. Nach KOSIEK u.a. (52), RÜCKERT und JUCHEMS (79) stellen neben den thermischen Reizen auch orthostatische Effekte und psychische Komponenten Stimulantien für die Herzfrequenz dar. Die Autoren interpretieren ebenso wie OTT (70) das Verhalten der Herzfrequenz in der Sauna mit der sympathikotonen Reaktionslage im Zusammenspiel mit hämodynamischen Regulationsmechanismen.

4. Die Wirkung der Sauna auf die Atmung

Bei einem Saunaaufenthalt von 10 Minuten kommt es in liegender, ruhiger Körperhaltung zu keiner wesentlichen Änderung der Atemfrequenz, sowohl unter gewöhnlichen als auch unter extremen Saunabedingungen. Diese von uns in vier Versuchen gemachte Beobachtung stimmt mit der Auffassung von FRITZSCHE (28), OTT (70), KRAUSS (55) überein. Dagegen stehen die Angaben von LUNDGREN (61) und VIHERJUURI (92), die eine Frequenzbeschleunigung beobachten, besonders in feuchter Saunaluft. Wegen der fehlenden näheren Bezeichnung der Körperlage und Aktivität der Probanden sind diese Ergebnisse nicht mit den unsrigen zu vergleichen. Schon geringe körperliche Belastung infolge Muskelarbeit in der Wärme, z.B. das wiederholte Auf- und Absteigen von den Holzbänken, könnte die Ventilationsvergrößerung ausgelöst haben, was nachweislich möglich ist (28). Die von KNORRE (50) und SCHRÖDER (83) ermittelten Atemfrequenzsteigerungen um 9 bis 18 Atemzüge sind auf die ungewöhnliche Ausdehnung des Saunabades bis zur Hitzeerschöpfung der Probanden nach 30 bzw. 44 Minuten zurückzu-

führen. Darum wird nicht zu Unrecht die Zunahme der Atmung als Grenze der Saunaverträglichkeit angesehen, die Anlaß geben sollte, den Saunaraum zu verlassen (29). Von diesem Atemfrequenzverhalten der Erwachsenen in der Sauna unterscheidet sich das der Kleinkinder deutlich, wie VENHO (91) ermittelt hat. Im allgemeinen kommt es bei ruhigen, sonst körperlich nicht beeinträchtigten Säuglingen zu Atemfrequenzsteigerungen auf mehr als das Dreifache nach 15 Minuten Saunaaufenthalt.

In der Sauna kommt für die Thermoregulation des menschlichen Körpers ein Anstieg der Atemfrequenz nicht in Betracht, da eine Wärmeabgabe über die Atemwege normalerweise nicht möglich ist (1,71,93). Die Höhe des Atemminutenvolumens wird auch bei Veränderung der Umwelttemperaturen im wesentlichen durch den O_2-Bedarf eingestellt (31). Er ist in der Sauna bei ruhiger Körperhaltung und normaler Aufenthaltsdauer nicht erhöht. Unter diesen Bedingungen ist die nachgewiesene Verminderung des O_2-Partialdruckes der Saunaluft infolge Erhitzung und die Verringerung des O_2-Bindungsvermögens des Blutes, bedingt durch die Körpertemperaturerhöhung, ohne Einfluß auf das Atemminutenvolumen (28). Die Bedeutung der Blutgase (23,80) für die Regulation der Atmung unter Saunabedingungen ist noch nicht genügend geklärt.

5. Die Wirkung der Abkühlmaßnahmen

Die durch die Saunawärme verursachte Hyperthermie des Körpers wird durch entsprechende Abkühlungsmaßnahmen wieder aufgehoben, wie in früheren Untersuchungen übereinstimmend festgestellt wird (3,4,48,50,71,88). Divergierende Literaturangaben bestehen nur in der Frage der Geschwindigkeit für das Abnehmen der überhöhten Körpertemperatur. Sie ist abhängig von der Art der Abkühlung.

Bei reiner Luftkühlung, durch den Aufenthalt in kühler Umgebung und das Einatmen von Außenluft, erreicht die Körpertemperatur nach durchschnittlich einer bis anderthalb Stunden (48,71) wieder den Ausgangswert, der vor der Sauna gemessen wurde. Nach LUNDGREN (62) beträgt die Zeitdauer für die Körpertemperaturer-

höhung nur 30 Minuten, dagegen geben KNORRE (50) zwei Stunden und BARTELS (4) sogar drei Stunden an. FRITZSCHE (29) berichtet von einem sofortigen Absinken der Hauttemperatur nach Verlassen der Sauna durch die wirksam werdende Verdunstungskühlung an der Hautoberfläche. Die Rektaltemperatur steigt aber zunächst noch weiter um 0,2° bis 0,3°C an, was auf den fortgesetzten Wärmetransport aus der aufgeheitzten Körperschale zurückgeführt wird (27). Im Laufe der Abkühlphase sinkt sie dann sehr langsam auf den Ausgangswert.

Kaltwasseranwendung in Form von Abgießungen, Duschen und der Durchführung eines kalten Eintauchbades senken die erhöhte Körpertemperatur in kurzer Zeit auf Normalwerte. Nach OTT (71) sind dazu vier bis fünf Minuten, nach LUNDGREN (62) und MÜLLER-LIMMROTH und RUFFMANN (69) 15 bis 16 Minuten nötig. Die Hauttemperatur fällt drastisch um 4° bis 8°C, wobei die Ausgangswerte unterschritten werden (29,69). In normaler Umgebungstemperatur kommt es anschließend nach 5 bis 15 Minuten zur Wiedererwärmung der Haut auf übliche Temperaturen infolge reaktiver Hyperämie. Sie kann durch ein warmes Fußbad verstärkt werden, was die Zeit auf zwei bis vier Minuten schrumpfen läßt (29). Über Temperaturschwankungen des Körperkerns in dieser Phase ist nichts bekannt.

Unsere Versuchsergebnisse stimmen mit dem in der Literatur beschriebenen Verhalten der Körpertemperatur überein. Die von uns sofort nach dem Verlassen der Sauna beobachtete Abnahme der Sublingualtemperatur ist in der drei Minuten dauernden Luftkühlung mit 0,2° bis 0,5°C verhältnismäßig gering. Erst die Wasserkühlung senkt die Temperatur entscheidend. Je nach Höhe der in der Sauna erfolgten Hyperthermie fällt die Sublingualtemperatur 0,9° bis 1,8°C und hat damit spätestens zehn Minuten nach Verlassen der Sauna den Ausgangswert erreicht, den sie nicht mehr unterschreitet. Die Ursachen für die bedeutende Rolle des Wassers in der Abkühlung sind die große Temperaturdifferenz gegenüber der Körpertemperatur, die Wärmekapazität und das hohe Wärmeleitvermögen des Wassers sowie der verstärkte Wärmeübergang durch Konvektion, wodurch dem Körper rasch große Wärmemengen entzogen werden.

Die Abkühlungsmaßnahmen haben auf den arteriellen Blutdruck eine

ausgleichende Wirkung. Dieses Ergebnis unserer Untersuchung bestätigt frühere Versuche, in denen ein Abfallen (3,18,21,45, 5o,6o,69,73,87) oder Ansteigen (48) des Blutdruckes nach Verlassen der Sauna beobachtet wurde, je nachdem wie hoch der Blutdruck am Ende des Saunaaufenthaltes war. Nach einer halben bis anderthalben Stunde Ruhe ist der Normalblutdruck erreicht oder sogar unterschritten (2,69). Wir registrieren schon nach 15 Minuten Liegepause systolische Druckwerte, die bis zu 1o mm Hg unter den Ruhewerten vor der Sauna liegen.

Das Blutdruckverhalten ist in den einzelnen Phasen der Abkühlung nicht gleichmäßig. Die Luftkühlung bringt nach FRITZSCHE (29) keine wesentliche Änderung des Blutdruckes. Auch ein Absinken wird beschrieben (69,71), wodurch die in der Sauna aufgetretene Druckerhöhung zum großen Teil rückgängig gemacht wird. Unsere Versuchsergebnisse stimmen mit diesen Beobachtungen überein. Nach Verlassen der Sauna in Versuch 1 und 2 bleibt der systolische Blutdruck unserer Probanden weiterhin unverändert, während der diastolische Wert um 5 bis 11 mm Hg erniedrigt gefunden wird. In den beiden anderen Versuchen kommt es entsprechend der Drucksteigerung in der Sauna nach ihrem Verlassen allein durch die Luftkühlung zu signifikanten Blutdrucksenkungen von ungefähr 10 mm Hg. Nach dem Kaltwasserbad (Temperatur 15°C) tritt ein weiterer Abfall (-11 bis -24 mm Hg) der bis dahin noch erhöhten systolischen Blutdruckwerte in Versuch 3 und 4 auf. Der diastolische Blutdruck bleibt nach unseren Erfahrungen unbeeinflußt. OTT (71) kommt zum gleichen Ergebnis. MÜLLER-LIMMROTH und RUFFMANN (69) beschreiben dagegen eine Verzögerung der Abfalltendenz durch die Kaltwasseranwendung und ein Absinken des diastolischen Druckes unter Ausgangsniveau. Einige Autoren (17,25,27,44,88) finden kurzfristige starke Druckanstiege nach dem kalten Eintauchbad. BACHMANN u.a. (2) haben mit Hilfe der telemetrischen Methode extreme Blutdrucksteigerungen im Tauchbecken selbst nachgewiesen, die im Durchschnitt 233/135 mm Hg betragen, mit Maximalwerten bis zu 320/200 mm Hg. Aus diesem Grund wird das kalte Eintauchbad als die größte Kreislaufbelastung im Saunabad angesehen und soll von Patienten mit einer Arbeitsinsuffizienz des Herzens, Störungen in der Koronardurchblutung und Hypertonus nicht angewendet werden (29). Ursache

der arteriellen Drucksteigerung ist die extreme Erhöhung des arteriellen Gesamtwiderstandes im Tauchbad infolge Vasokonstriktion, die bis zum Gefäßspasmus gehen kann. Dazu addieren sich die hydrostatischen Belastungen und die durch die lebhaften Körperbewegungen des Badenden ausgelösten Kreislaufveränderungen.

Diese Feststellungen zum Blutdruckverhalten im Kaltwasserbad vervollständigen unsere eigenen Ergebnisse. Da nichts über die Dauer der Druckerhöhung berichtet wird, und wir erst zwei Minuten nach Verlassen des Tauchbeckens durch den Probanden gemessen haben, ist ein Blutdruckabfall in dieser Zeit möglich. Wir halten die bei unseren Probanden gemessenen normalen Blutdruckwerte für ein Zeichen guter Blutdruckregelung.

Eine den Saunagang abschließende Ruhepause ist für den Blutdruck insofern von Bedeutung, da sie seiner weiteren Normalisierung dient. Nach MÜLLER-LIMMROTH und RUFFMANN (69) bewirkt die zehnminütige Liegepause die Rückkehr des erniedrigten diastolischen Druckes auf Normalwerte sowie eine leichte Abnahme des systolischen Blutdruckes unter den Ausgangswert. Wir haben die gleiche Beobachtung gemacht. Auch BACHMANN u.a. (2) geben für die Schlußphase ein neues Ruheniveau an, das unterhalb der Ausgangswerte liegt. Nach OTT (71) ist die leichte Hypertonie Ausdruck einer überschießenden vagotonen Reaktion nach Verlassen der Sauna.

Die Abkühlung bringt in unseren Versuchen für die Herzfrequenz eine deutliche Abnahme. Diese Beobachtung teilen alle Autoren mit uns (2,16,21,48,50,52,69,70,71,73,75,86,87). Die festgestellten Zahlen divergieren infolge der verschieden großen Frequenzsteigerung in der Sauna. Auch über die Ausdehnung der noch während der Abkühlphase meßbaren Pulserhöhung bestehen unterschiedliche Befunde. Nach den Literaturangaben wird die Pulsfrequenz nach 10 bis 60 Minuten erreicht oder sogar unterschritten. In einigen Fällen ist der Puls nach 90 Minuten noch nicht zur Norm zurückgekehrt.
Die drei Phasen der Abkühlung haben einen verschieden großen Einfluß auf die Abnahme der Herzfrequenz. In unseren Versuchen

sinkt unmittelbar nach Verlassen der Sauna der Pulsschlag der Probanden durch die Kühlwirkung der Luft im Ruheraum durchschnittlich um 6/min ab. OTT (71) ermittelt eine Abnahme um 21/min, KLINGLER-MANDIG (48) um 9/min. PROKOP (75) und DZIUBA (16) beschreiben einen Frequenzabstieg um 4 Schlägen/min, KOSIEK u.a. (52) um 10 Schlägen/min. Nur in vereinzelten Fällen wird nach Verlassen der Sauna eine unveränderte oder sogar erhöhte Herzfrequenz nachgewiesen (2,48,52,71). Die größte Senkung der Herzfrequenz wird durch die Anwendung von kaltem Wasser beim Guß und Eintauchbad erreicht. In unserer Untersuchung beträgt die Abnahme durch die kalte Dusche und das Eintauchbad 12 bis 27 Pulsschläge. Zum Zeitpunkt der Messung, etwa sechs Minuten nach Verlassen der Saunakammer, und drei Minuten nach der Kaltwasseranwendung, hat die Herzfrequenz damit die Ruhewerte vor der Sauna erreicht. In der Untersuchung von MÜLLER - LIMMROTH und RUFFMANN (69) erfolgt allein durch den Guß ein starker Frequenzabfall von 32 Pulsschlägen. Das Betreten des Tauchbeckens löst bei ihren Probanden nicht mehr so starke Herzfrequenzerniedrigungen aus. Der Puls sinkt um weitere 10 Schläge ab. Das bedeutet das Erreichen einer um 5 Pulse/min unter Ausgangsniveau liegenden Frequenz. OTT (70,71) bestätigt diese Autoren. Die kalte Dusche senkt die Pulsfrequenz um 31 Schläge. KLINGLER-MANDIG (48) berichtet von einer überwiegenden Senkung der Pulsfrequenz nach der Wasserkühlung, die 18 Schläge/min betragen hat. In der Hälfte seiner Fälle ist zu diesem Zeitpunkt der Ruhewert vor der Sauna erreicht und wird zum Teil noch unterschritten. DZIUBA (16) beobachtet durch das kalte Eintauchbad einen Frequenzabfall um 15 Schlägen, der ebenfalls einen Rückgang auf nahezu den Ausgangswert bedeutet. BACHMANN u.a. (2) geben ein Abfallen der Pulsfrequenz um 37 Schläge an. Es ist aber auch vereinzelt ein erhöhter Puls nach der Wasserabkühlung aufgetreten (48,86), der mit den lebhaften Bewegungen der Probanden bei den Kaltanwendungen begründet wird.

Die abschließende Liegepause dient der Erholung. Die Pulsfrequenz sinkt in unserer Untersuchung noch weiter leicht ab, um schließlich signifikant bis zu zehn Schlägen unter den Ruheausgangswerten zu liegen. Gleiche Ergebnisse erzielen KLINGLER-MANDIG (48), MÜLLER-LIMMROTH und RUFFMANN (69), SCHWEINITZER (87)

und BACHMANN u.a. (2). Wir halten es für nicht gerechtfertigt, diese Pulsfrequenz als bradykard zu bezeichnen, wie es MÜLLER-LIMMROTH und RUFFMANN (69) getan haben, da sie trotz der geringen Abnahme weiter im Bereich der Norm bleibt.

Das Verhalten der Herzfrequenz in der Abkühlphase kann durch bekannte physiologische Regulationsprinzipien erklärt werden. WEZLER und THAUER (94) haben die Abhängigkeit der Pulsfrequenz von der Körpertemperatur nachgewiesen. Da nach Verlassen der Sauna die Körpertemperatur sinkt, muß folglich die Herzfrequenz ebenfalls fallen. Wir haben in unseren Versuchen eine hochsignifikante Korrelation zwischen der nach der Kaltwasserkühlung gemessenen Körpertemperatur und der gleichzeitig festgestellten Pulsfrequenz erhalten. Eine Körpertemperaturabnahme von 0,1°C bringt einen Pulsfrequenzabfall von 7 Schlägen/min (Abb.11).

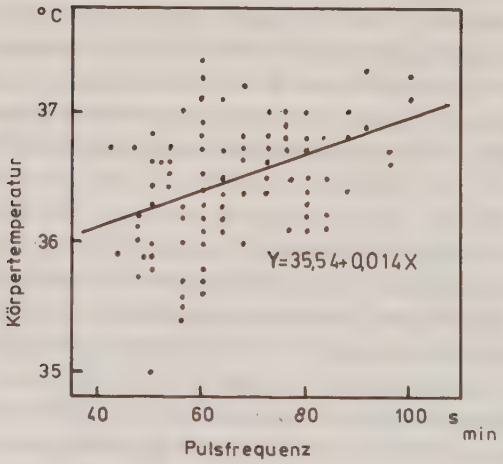

Abb. 11 : Verhältnis von Körpertemperatur zu Pulsfrequenz nach Abkühlung durch das kalte Eintauchbad ($r = 0,57$; $2p < 0,05$)

Die Abnahme der Herzfrequenz ist weiter eine Folge der hydrostatischen Einwirkungen und der reflektorisch ausgelösten Vasokonstriktion infolge tiefer Wassertemperatur. Sie führen zu einer Vermehrung des venösen Rückstromes, worauf es über vagale Reflexe zu einer Hemmung der Herzfrequenz kommt (44). Nach OTT (71), KOSIEK u.a. (52), MÜLLER-LIMMROTH und RUFFMANN (69) ist Herzfrequenzerniedrigung der Erfolg einer vagotonen Umschaltung des vegetativen Nervensystems, bedingt durch die thermisch antagonistischen Reize der Saunawärme und der Abkühlungsmaßnahmen.

6. Die Bedeutung des zweiten Saunagangs

Bisherige Beobachtungen über die Wirkung der Sauna beschränken sich mit wenigen Ausnahmen (48,69,71,87) auf einen Saunagang. Die Untersuchung eines zweiten Saunagangs auf seine Kreislaufwirkungen ist aber insofern von Bedeutung, da ein normales Saunabad aus mehreren Gängen besteht.
Unsere Untersuchungen haben zum ersten Mal eindeutig das gleiche Verhalten von Körpertemperatur, arteriellem Blutdruck und Atemfrequenz in zwei aufeinanderfolgenden Saunagängen nachgewiesen. Die raumklimatischen Bedingungen sind dabei dieselben gewesen, und eine Ruhepause von 15 Min. hat zwischen ihnen gelegen. Nur die Pulsfrequenz hat ein unterschiedliches Verhalten gezeigt. Sie steigt im zweiten Saunagang schneller und höher an. Vergleichbare Angaben finden sich bei OTT (71) und KLINGLER-MANDIG (48), während SCHWEINITZER (87) keine Unterschiede feststellen kann.

Dieses Ergebnis unterstreicht die Empfehlung von FRITZSCHE (29), ein Saunabad in mehreren Gängen von jeweils zehn Minuten zu nehmen. Hierdurch wird der Kreislauf schonender beansprucht als durch einen einmaligen, längeren Gang von 20 bis 30 Minuten, der zu erheblich belastenden Kreislaufveränderungen führt (83, 84). Außerdem scheinen mehrere Saunagänge einen gewissen Trainingseffekt für die Herzfrequenz zu haben. Bei wöchentlich zwei Saunabädern zu je zehn Minuten mit zwei Saunagängen beobachten MÜLLER-LIMMROTH und RUFFMANN (69) nach wenigen Wochen schon eine anhaltende Vagotonie, die sich in einer Abnahme der Ruhefre-

quenz und der maximalen Pulsfrequenz in der Sauna zeigt.

7. Die Kreislaufbelastung in der Sauna im Vergleich mit einer standardisierten Ergometerbelastung

In der Literatur der Saunawirkungen auf das Herz und den Kreislauf wird übereinstimmend festgestellt, daß die Kreislaufarbeit in der Sauna bei normaler Aufenthaltsdauer als gering anzusehen ist (2,14,16,17,48,52,54,57,70,75,83). OTT (70) schätzt sogar die Belastung auf ein Drittel der bei schwerer Muskelarbeit zu leistenden Kreislaufarbeit ein. BACHMANN u.a. (2) setzen die Anforderungen an den Kreislauf in der Sauna mit leichter Bewegungstherapie gleich. KRAUSS (54) vergleicht die Mehrbelastung für das Herz in der Sauna mit einem ansteigenden Halbbad gleicher Anwendungsdauer. Die Sauna darf nach diesen Autoren durchaus auch Herz- und Kreislaufkranken zugemutet werden unter Beachtung folgender Kontraindikationen: dekompensierte, stabile Hypertonie, Zustand nach Herzinfarkt, schwere Arteriosklerose, alle aktiven, entzündlichen Herzerkrankungen, Ruheinsuffizienz des Herzens. Bei der Durchführung eines Saunabades haben Herzkranke jedoch auf den Gebrauch des kalten Eintauchbades zu verzichten, da es wie oben angeführt, die größte Kreislaufbelastung bringt (2,16,17). Für Gesunde ist die schroffe Abkühlung im Tauchbecken unbedenklich. Sie bedeutet nach DZIUBA und FRITZSCHE (17) eine geringere Kreislaufbelastung als zwanzig Kniebeugen.

In einigen früheren Untersuchungen ist der Versuch unternommen worden, die Kreislaufbelastung in der Sauna mit einer aktiven, standardisierten Belastungsform zu vergleichen. KLINGLER-MANDIG (48) hat die Kreislauffunktionsprüfung nach BIERHAUS durchgeführt und keine Beziehung zwischen ihrem Ausfall und dem Verhalten des Kreislaufes in der Sauna gefunden. DZIUBA und FRITZSCHE (17) untersuchten die Kreislaufbelastbarkeit ihrer Probanden mit Hilfe eines modifizierten SCHELLONG-Testes. Sie geben für ihre Saunabelastung an, daß sie geringer als zehn Minuten Stehen ist. DZIUBA (16) berichtet an anderer Stelle, 20 Kniebeugen stellen eine größere Belastung für den Kreislauf dar als ein Saunaaufenthalt von zehn Minuten. Die Pulsanstiege sind zwar annähernd gleich, der systolische Blutdruck aber während

des Arbeitsversuches mäßig erhöht, während er in der Sauna unverändert bleibt. Nach DORSCHNER (14) entsprechen die Anforderungen der Sauna an den Kreislauf ungefähr einer Belastung, wie sie das Steigen von 25 Treppenstufen mit sich bringt.

Es ist augenfällig, daß diese Tests wegen der fehlenden Dosierbarkeit der Belastung und der schlechten Überprüfbarkeit der tatsächlichen Leistungen nicht zufriedenstellend sind. Das Ergometer erlaubt dagegen die genaue Registrierung der geleisteten Arbeit. KOSIEK u.a. (52) versuchten mit dem Ergometer für ihre Herzfrequenzuntersuchungen in der Sauna einen Vergleichswert zu gewinnen. Bei der Gegenüberstellung der für jede Probandin gemessenen maximalen Herzschlagfrequenz in der Sauna mit der Frequenz während der Ergometerbelastung entspricht die Herzarbeit in der Sauna einer Belastung von vier- bis sechsminütiger Tretarbeit bei 50 Watt. Nach 12 Minuten Sauna bei 80° bis 86°C beträgt die mittlere maximale Herzfrequenzsteigerung 23 Schläge. Es fehlen in den Angaben von KOSIEK die Werte für die Luftfeuchtigkeit in der Sauna, so daß diese Versuche nur bedingt verwendbar sind. Unsere Untersuchungen berücksichtigen erstmals Temperatur und Luftfeuchtigkeit der Sauna bei den Vergleichsmessungen am Ergometer. Die ersten beiden Versuche mit einer Saunatemperatur von 60° bis 75°C und einer absoluten Luftfeuchtigkeit von 33,5 g H_2O/m^3 Luft entsprechen herzfrequenzmäßig der Ergometerbelastung von 50 Watt bei sechsminütiger Tretarbeit. In der Sauna steigt der Puls um 23 bis 26 Schläge an, beim Arbeitsversuch um 30 Schläge. In Versuch 3 und 4, bei Saunatemperaturen von 80° bis 95°C und absoluten Luftfeuchtigkeiten von 42,5 bis 54,5 g H_2O/m^3 Luft, ist die Kreislaufbelastung erheblich größer. Diese Versuche entsprechen hämodynamisch annähernd der Ergometerbelastung von 100 Watt bei sechsminütiger Tretarbeit. Die Pulsanstiege sind mit 49 bis 56 Schlägen in der Sauna bzw. 55 Schlägen bei der Tretarbeit annähernd gleich. Der systolische Blutdruck ist in der Sauna aber nur etwa halb so groß angestiegen (22 bis 24 mm Hg in der Sauna gegenüber 65 mm Hg bei der Tretarbeit).

Die Schwierigkeit eines Vergleiches zwischen der Sauna-und Ergometerbelastung sind uns bewußt. Unsere Versuche bestätigen die

schon bekannten Unterschiede in der Kreislaufreaktion nach Hitzeexposition und Muskelarbeit. Bei gleich großen Pulsanstiegen und dem gleichen Verhalten des diastolischen Blutdruckes, kommt es zu unterschiedlichen Reaktionen des systolischen Blutdrucks und der Atemfrequenz. Die Kreislaufbelastung in der Sauna ist im Gegensatz zur aktiven körperlichen Belastung bei Tretarbeit weniger von der Leistungsbreite des Herzens als von der Anpassungsfähigkeit der Thermoregulation und Schweißsekretion bestimmt. In der Saunawärme werden an den Kreislauf nur erhöhte Anforderungen gestellt, soweit sie zur Wärmeregulierung des Körpers nötig sind. Bei Ergometerarbeit muß sich der Kreislauf aber den enormen Anforderungen an den erhöhten Sauerstoffbedarf der Muskulatur anpassen. Die verschiedenen Umweltbedingungen führen außerdem in der Sauna zu einer höheren Körpertemperatur und einem stärkeren Abfall des peripheren Gesamtwiderstandes als bei Muskelarbeit.

Trotz dieser Einschränkungen geben die am Ergometer gewonnenen Aussagen über die Leistungsfähigkeit des Kreislaufs auch für die Kreislaufbelastbarkeit in der Sauna wichtige Aufschlüsse, wie unsere Versuche sie gezeigt haben. Sie beweisen, daß die Sauna im Vergleich zu einer Muskelarbeit geringere Anforderungen an den Kreislauf des Badenden stellt, selbst unter extremen Saunabedingungen. Ein Ergometerversuch ist leicht durchzuführen und seine Aussage über die Leistungsbreite des Herzens eines Patienten eindeutig. Deshalb ist nach unseren Untersuchungen ein solcher Versuch sowohl im Rahmen der prophylaktischen Medizin als auch der Rehabilitation von Herz- und Kreislaufkranken von Bedeutung,wenn von seiten des Patienten der Wunsch geäußert wird, die Sauna zu besuchen, aber ärztlicherseits Bedenken bestehen. Mit einer Ergometerbelastung von 50 bis 100 Watt bei sechsminütiger Tretarbeit ist damit eine einfache Möglichkeit gegeben, die zur Beantwortung der Frage nach der Saunaverträglichkeit eines Patienten beitragen kann. Sie ersetzt im Grenzfall aber nicht den Probesaunaversuch unter ärztlicher Aufsicht.

F. ZUSAMMENFASSUNG

Bei 18 männlichen Versuchspersonen im Alter von 20 bis 76 Jahren untersuchten wir das Verhalten der Körpertemperatur, des arteriellen Blutdrucks, der Puls- und Atemfrequenz unter Saunabedingungen und in der anschließenden Ruhephase. Alle Probanden nahmen an jeweils vier Versuchen teil, wobei die Saunatemperatur und die Luftfeuchtigkeit verändert wurden. Jeder Versuch bestand aus zwei Saunabädern. Die Versuchsdauer für ein Saunabad war mit 10 Minuten konstant. Der Temperatureinfluß wurde bei 65 Grad, 72 Grad, 81 Grad und 93 Grad Celsius gemessen. Die absolute Luftfeuchtigkeit betrug bei den beiden niedrigen Temperaturen 33 g H_2O/m^3 Luft, bei den höheren 54,5 bzw. 42,5 g H_2O/m^3 Luft. In einem weiteren Versuch mit dem Fahrradergometer untersuchten wir bei steigender Wattleistung die Kreislaufbelastbarkeit der 18 Probanden, um Vergleiche mit der Belastbarkeit in der Sauna anstellen zu können.

Die Versuche ergaben:

1. Bei den Saunatemperaturen von 65^o und 72^oC und absoluten Luftfeuchtigkeiten von 33 g H_2O/m^3 Luft wurden keine wesentliche Änderung des arteriellen Blutdrucks festgestellt, ein erstaunlich geringer Pulsfrequenzanstieg (23 bis 33 Schläge in zehn Minuten), keine Änderung der Atemfrequenz und ein Körpertemperaturanstieg von durchschnittlich $1,1^oC$. Bei Saunatemperaturen von 81^o bzw. 93^oC und Feuchtegehalten von 54,5 bzw. 42,5 g H_2O/m^3 Luft war die Kreislaufbelastung erheblich größer. Es kam systolisch zu Blutdrucksteigerungen von 22 bis 34 mm Hg, diastolisch blieb der Druck unverändert oder fiel um etwa 6 bis 12 mm Hg ab. Der Pulsanstieg in zehn Minuten betrug 49 bis 56 Schläge. Die Atemfrequenz änderte sich nicht wesentlich. Die Körpertemperatur stieg mit $2,2^oC$ doppelt so hoch wie in den ersten beiden Versuchen.

2. Es bestand eine statistisch gesicherte Beziehung zwischen der Saunatemperatur und der Sublingualtemperatur, dem systolischen Blutdruck und der Pulsfrequenz, nach einem zehnminütigen Sauna-

aufenthalt. Bei einer Erhöhung der Saunatemperatur um 10°C stieg die Körpertemperatur um 0,92°C an, der systolische Blutdruck um 30 mm Hg und die Pulsfrequenz um 26,5 Schläge bis zur zehnten Saunaminute.
Keine Beziehung fand sich zwischen der Luftfeuchtigkeit in der Sauna und den untersuchten Kreislaufgrößen, der Atemfrequenz und der Körpertemperatur.

3. Es lag eine hochsignifikante Korrelation zwischen der am Ende der Sauna gemessenen Körpertemperatur und dem zu diesem Zeitpunkt bestehenden systolischen Blutdruck und der Pulsfrequenz vor. Eine Erhöhung der Körpertemperatur um 1°C entsprach ein Ansteigen des systolischen Blutdruckes von 56 mm Hg und der Pulsfrequenz von 62 Schlägen.

4. Die durch die Sauna verursachte Hyperthermie des Körpers, die Erhöhung des systolischen Blutdruckes und die Pulsfrequenzbeschleunigung wurde durch entsprechende Abkühlmaßnahmen wieder rückgängig gemacht. Die Werte lagen am Ende der Ruhepause nach 15 Minuten teilweise unter den Ausgangswerten vor Beginn des Saunaversuches.

5. Es wurde nachgewiesen, daß mehrere Saunagänge keine unterschiedliche Wirkung auf den Kreislauf, die Atemfrequenz und die Körpertemperatur haben. Abgesehen von der leicht höheren Pulsfrequenz im zweiten Saunagang ist das Verhalten des Körpers in zwei aufeinanderfolgenden Saunagängen gleich.

6. Die Kreislaufbelastung in der Sauna entspricht in den ersten beiden Versuchen pulsmäßig einer 50-Watt-Belastung bei sechsminütiger Tretarbeit am Ergometer. Die beiden anderen Versuche entsprechen hämodynamisch der Ergometerbelastung von 100 Watt bei sechsminütiger Tretarbeit.

G. ANHANG: TABELLEN

Jahre	M	S	MFM	Anzahl der Probanden
20 - 30	25,1	3,2	1,2	7
40 - 50	41,8	2,1	0,8	6
über 60	64,0	7,2	3,2	5
20 - 76	41,5	16,6	3,9	18

Tab. 1: Altersverteilung unter den Probanden

Versuchsbedingung	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4
Temperatur °C				
M	64,6 (65,7)	72,5 (72,2)	81,8 (81,0)	92,0 (93,6)
S	3,0 (3,7)	3,5 (3,2)	2,2 (2,6)	4,5 (4,2)
MFM	0,7 (0,8)	0,8 (0,8)	0,5 (0,6)	1,0 (1,0)
relative Luft-feuchtigkeit %				
M	20,9 (20,6)	14,8 (14,8)	17,8 (18,5)	9,6 (9,2)
S	3,5 (2,8)	1,7 (1,8)	1,3 (1,5)	1,9 (2,2)
MFM	0,8 (0,6)	0,4 (0,4)	0,3 (0,3)	0,4 (0,5)

Tab. 2: Saunatemperatur und relative Luftfeuchtigkeit in vier Versuchen (in Klammern die Werte für das zweite Saunabad)

Versuchsbedingung	Versuch 1	Versuch 2	Versuch 3	Versuch 4
Temperatur °C	65	72	81	93
Relative Luftfeuchtigkeit %	21	15	18	9
Absolute Luftfeuchtigkeit g/m^3	33,2	32,6	54,5	42,5
Wasserdampfdruck Torr	39	38	66,5	53
Taupunkt °C	33,5	33,5	43,3	39,2

Tab. 3: Die mittleren physikalischen Versuchsbedingungen in vier Versuchen

	Systolischer Blutdruck (mm Hg)							
	in Ruhe				in der Sauna			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	4
M	143	143	137	142	147	148	163	170
S	15,6	9,2	10,3	14,1	20,1	13,7	23,0	21,0
MFM	3,6	2,3	2,5	3,3	4,7	3,4	5,7	5,4
Unterschied: Ruhe / in der Sauna					M	+4	+5	+26	+28
					2p	0,5	0,1	0,001	0,001

Tab. 4: Systolischer Blutdruck in Ruhe und in der zehnten Saunaminute (1. Saunabad)

	Systolischer Blutdruck (mm Hg)							
	in Ruhe				in der Sauna			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	4
M	136	139	133	131	140	146	155	165
S	13,0	14,8	12,3	15,2	16,0	19,5	23,8	29,3
MFM	3,0	3,7	3,0	3,5	3,7	4,8	5,9	7,5
Unterschied: Ruhe / in der Sauna					M	+4	+7	+22	+34
					2p	0,1	0,1	0,005	0,001

Tab. 5: Systolischer Blutdruck in Ruhe und in der zehnten Saunaminute (2. Saunabad)

	systolischer Blutdruck (mm Hg)							
	in der Sauna				nach Luftkühlung			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	4
M	147	148	163	170	150	145	152	161
	(140)	(146)	(155)	(165)	(145)	(145)	(146)	(158)
S	20,1	13,7	23,0	21,0	13,9	14,0	15,7	16,8
	(16,0)	(19,5)	(23,8)	(29,3)	(16,2)	(13,0)	(14,6)	(23,3)
MFM	4,7	3,4	5,7	5,4	3,2	3,5	3,9	4,0
	(3,7)	(4,8)	(5,9)	(7,5)	(3,8)	(3,2)	(3,6)	(5,5)
Unterschied: in der Sauna/nach Luftkühlung					M	+3	-3	-11	-9
						(+5)	(-1)	(-11)	(-7)
					2p	0,4	0,3	0,02	0,01
						(0,2)	(0,6)	(0,05)	(0,025)

Tab. 6: Systolischer Blutdruck in der Sauna und nach der Luftkühlung (in Klammern die Werte in und nach dem zweiten Saunabad)

	Systolischer Blutdruck (mm Hg)							
	nach Luftkühlung				nach Kaltwasserkühlung			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	4
M	150	145	152	161	142	147	136	141
	(145)	(145)	(146)	(158)	(140)	(139)	(135)	(134)
S	13,9	14,0	15,7	16,8	15,6	19,0	11,3	20,6
	(16,2)	(13,0)	(14,7)	(23,3)	(12,8)	(12,3)	(11,6)	(10,4)
MFM	3,2	3,5	3,9	4,0	3,6	4,7	2,8	5,1
	(3,8)	(3,2)	(3,6)	(5,5)	(3,0)	(3,0)	(2,9)	(2,4)

Unterschied: nach Luftkühlung / nach Kaltwasserkühlung					
	M	-8	+2	-16	-20
		(-5)	(-6)	(-11)	(-24)
	2p	0,001	0,5	0,001	0,001
		(0,1)	(0,1)	(0,005)	(0,001)

Tab. 7: Systolischer Blutdruck nach Luftkühlung und nach Kaltwasserkühlung (in Klammern die Werte nach dem zweiten Saunabad)

	Systolischer Blutdruck (mm Hg)							
	nach Kaltwasserkühlung				nach 15 min Ruhe			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	4
M	142	147	136	141	135	139	133	132
	(140)	(139)	(135)	(134)	(135)	(135)	(129)	(129)
S	15,6	19,0	11,3	20,6	11,8	14,8	12,3	16,0
	(12,8)	(12,3)	(11,6)	(10,4)	(15,4)	(11,8)	(8,5)	(11,2)
MFM	3,6	4,7	2,8	5,1	2,7	3,7	3,0	3,8
	(3,0)	(3,0)	(2,9)	(2,4)	(3,6)	(2,9)	(2,1)	(2,6)

Unter: nach Kaltwasserkühlung / nach 15 min Ruhe					
	M	-7	-8	-3	-9
		(-5)	(-4)	(-6)	(-5)
	2p	0,01	0,01	0,2	0,05
		(0,05)	(0,1)	(0,01)	(0,1)

Tab. 8: Systolischer Blutdruck nach Kaltwasserkühlung und nach 15 mi Ruhe (in Klammern die Werte nach dem zweiten Saunabad)

	Diastolischer Blutdruck (mm Hg)							
	in Ruhe				in der Sauna			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	4
M	77	76	73	74	69	80	79	72
S	15,6	10,6	6,2	12,3	16,4	13,0	12,1	17,5
MFM	3,6	2,6	1,5	2,9	3,8	3,2	3,0	4,5
Unterschied: Ruhe / in der Sauna					M	-8	+4	+6	-2
					2p	0,02	0,1	0,1	0,9

Tab. 9: Diastolischer Blutdruck in Ruhe und in der zehnten Saunaminute (1. Saunabad)

	Diastolischer Blutdruck (mm Hg)							
	in Ruhe				in der Sauna			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	4
M	75	80	78	71	69	78.	66	66
S	12,8	12,0	9,1	13,6	16,1	15,6	9,8	14,4
MFM	3,0	3,0	2,2	3,2	3,7	3,9	2,4	3,7
Unterschied: Ruhe / in der Sauna					M	-6	-2	-12	-5
					2p	0,02	0,6	0,005	0,4

Tab. 10: Diastolischer Blutdruck in Ruhe und in der zehnten Saunaminute (2. Saunabad)

	Diastolischer Blutdruck (mm Hg)							
	in der Sauna				Nach Luftkühlung			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	4
M	69	80	79	72	64	69	66	62
	(69)	(78)	(66)	(66)	(64)	(70)	(58)	(60)
S	16,4	13,0	12,1	17,5	15,3	13,7	12,5	12,6
	(16,1)	(15,6)	(9,8)	(14,4)	(16,8)	(11,4)	(9,3)	(13,5)
MFM	3,8	3,2	3,0	4,5	3,6	3,4	3,1	3,0
	(3,7)	(3,9)	(2,4)	(3,7)	(3,9)	(2,8)	(2,3)	(3,1)

Unterschied: in der Sauna / nach Luftkühlung					
	M	-5	-11	-13	-10
		(-5)	(-8)	(-8)	(-6)
	2p	0,1	0,01	0,001	0,05
		(0,05)	(0,05)	(0,001)	(0,05)

Tab. 11: Diastolischer Blutdruck in der Sauna und nach der Luftkühlung (in Klammern die Werte für in und nach dem zweiten Saunabad)

	Mittlerer diastolischer Blutdruck (mm Hg)	
Versuch	vor der Sauna	nach der Ruhepause
1	77	76
	(75)	(74)
2	76	81
	(80)	(77)
3	73	78
	(78)	(77)
4	74	71
	(71)	(73)

Tab. 12: Diastolischer Blutdruck vor der Sauna und nach 15 min Ruhepause (in Klammern die Blutdruckwerte für den zweiten Saunagang)

Versuch	Blutdruckamplitude (mm Hg) vS	iS	nLK	nWK	nR
1	65	72	86	75	60
	(61)	(71)	(82)	(73)	(60)
2	67	68	76	75	58
	(59)	(68)	(75)	(67)	(58)
3	63	79	87	72	55
	(55)	(89)	(88)	(70)	(52)
4	69	96	98	80	60
	(60)	(97)	(97)	(73)	(56)

Tab. 13: Blutdruckamplitude während der vier Versuche (in Klammern die Werte für den zweiten Saunagang; vS=vor der Sauna; iS=in der Sauna; nLK=nach der Luftkühlung; nWK=nach der Wasserkühlung; nR=nach der Ruhepause)

	Pulsfrequenz (Schläge/min) vor der Sauna				in der Sauna			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	4
M	68	67	64	65	94	93	113	115
S	15,4	12,8	11,3	10,4	14,7	12,8	20,7	20,1
MFM	3,6	3,2	2,8	2,4	3,4	3,2	5,1	5,2
Unterschied: Ruhe / in der Sauna					M +26	+23	+49	+50
					2p 0,001	0,001	0,001	0,001

Tab. 14: Pulsfrequenz in Ruhe und in der zehnten Saunaminute (1. Saunabad)

	Pulsfrequenz (Schläge/min)							
	vor der Sauna				in der Sauna			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	4
M	61	60	61	62	94	92	102	118
S	12,1	10,9	13,5	9,6	17,0	14,2	20,2	23,3
MFM	2,8	2,7	3,3	2,2	4,0	3,5	5,0	6,0
Unterschied: Ruhe/in der Sauna					M +33	+32	+51	+56
					2p 0,001	0,001	0,001	0,001

Tab. 15: Pulsfrequenz in Ruhe und in der zehnten Saunaminute (2. Saunabad)

Zeit	Pulsfrequenzanstieg in Vers. 1	Vers. 2	Vers. 3	Vers. 4
bis zur 2. Minute:	+10 (+14)	+10 (+13)	+20 (+23)	+21 (+27)
von 2. bis 4. Min:	+5 (+5)	+4 (+7)	+10 (+9)	+9 (+10)
von 4. bis 6. Min:	+5 (+6)	+5 (+3)	+7 (+7)	+8 (+8)
von 6. bis 8. Min:	+3 (+3)	+3 (+4)	+5 (+7)	+8 (+5)
von 8. bis 10.Min:	+3 (+5)	+4 (+5)	+7 (+5)	+4 (+6)

Tab. 16: Pulsfrequenzanstieg in der Sauna (in Klammern die Werte für das zweite Saunabad)

Pulsfrequenz (Schläge/min)

	in der Sauna				nach der Sauna				nach Kaltwasserkühlung			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
M	94	93	113	115	79	76	95	93	65	64	68	71
S	14,7	12,8	20,7	20,1	13,3	12,5	15,8	15,7	13,8	12,0	12,2	12,7
MFM	3,4	3,2	5,1	5,2	3,1	3,1	3,9	3,8	3,2	3,0	3,0	3,1

Differenz: in der Sauna/nach der Sauna

M	-15	-17	-18	-22
2p	0,001	0,001	0,001	0,001

Differenz: nach der Sauna/nach Kaltwasserkühlung

M	-14	-12	-27	-22
2p	0,001	0,001	0,001	0,001

Tab.17: Pulsfrequenz in der Sauna, nach der Luftkühlung und nach der Kaltwasserkühlung

	Körpertemperatur (°C)							
	vor der Sauna				in der Sauna			
Versuch								
M	36,6	36,3	36,5	36,5	37,7	37,6	38,7	38,7
S	0,37	0,26	0,31	0,45	0,25	0,26	0,55	0,52
MFM	0,08	0,06	0,07	0,1	0,07	0,06	0,1	0,1
Unterschied: vor der Sauna / in der Sauna				M	+1,1	+1,3	+2,2	+2,2
				2p	0,001	0,001	0,001	0,001

Tab. 18: Körpertemperatur in Ruhe und in der zehnten Saunaminute (1. Saunabad)

	Körpertemperatur (°C)							
	vor der Sauna				in der Sauna			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	4
M	36,5	36,4	36,3	36,3	37,6	37,5	38,7	38,6
S	0,26	0,28	0,4	0,28	0,36	0,24	0,55	0,61
MFM	0,06	0,07	0,1	0,06	0,1	0,06	0,1	0,1
Unterschied: vor der Sauna / in der Sauna				M	+1,1	1,1	+2,2	+2,3
				2p	0,001	0,001	0,001	0,001

Tab. 19: Körpertemperatur in Ruhe und in der zehnten Saunaminute (2. Saunabad)

Versuch	Körpertemperatur (°C) vor der Sauna	nach Kaltwasserkühlung
1	36,6 (36,5)	36,5 (36,5)
2	36,3 (36,4)	36,4 (36,3)
3	36,5 (36,3)	36,5 (36,4)
4	36,5 (36,3)	36,6 (36,6)

Tab. 20: Körpertemperatur vor der Sauna und nach der Kaltwasserkühlung (in Klammern die Werte für das zweite Saunabad)

Zeit		syst.Blutdruck (mm Hg)	diast.Blutdruck (mm Hg)	Pulsfrequenz (Schläge/min)
in Ruhe		138	72	62
nach 2 Min Belastung		162	78	88
nach 4 Min Belastung		168	77	90
nach 6 Min Belastung		170	77	92
in Ruhe nach 1 Minute		143	75	68
in Ruhe nach 4 Minuten		129	78	62
Differenz: in Ruhe / nach 6 Min Belastung	M	+32	+5	+30
	2p	0,001	0,2	0,001
Differenz: nach 6 Min Belastung/in Ruhe nach 1 Minute	M	-27	-2	-24
	2p	0,001	0,4	0,001

Tab. 21: Mittelwerte des Blutdruckes und der Pulsfrequenz in Ruhe und bei Ergometerbelastung (50 Watt)

Zeit		syst.Blutdruck (mm Hg)	diast.Blutdruck (mm Hg)	Pulsfrequenz (Schläge/min)
in Ruhe		124	77	56
nach 2 Min Belastung		176	81	103
nach 4 Min Belastung		185	81	108
nach 6 Min Belastung		189	81	111
in Ruhe nach 1 Minute		141	72	76
in Ruhe nach 4 Minuten		130	75	64
Differenz: in Ruhe / nach 6 Min Belastung	M	+65	+4	+55
	2p	0,001	0,3	0,001
Differenz: nach 6 Min Belastung / in Ruhe nach 1 Minute	M	-48	-9	-35
	2p	0,001	0,001	0,001

Tab. 22: Mittelwerte des Blutdrucks und der Pulsfrequenz in Ruhe und bei Ergometerbelastung (100 Watt)

Herrn Professor Dr. med. R. Juchems danke ich für die Überlassung des Themas und für seine stete Hilfsbereitschaft bei der Durchführung der Arbeit.

Herrn Professor Dr. med. H. Franke danke ich für die Übernahme des Korreferates.

H. LITERATURVERZEICHNIS

1. ÄIKÄS, E. : Temperatur und Feuchtigkeit in der Sauna und deren Wirkung auf die Wärmeintensität der Badenden. Sauna-Archiv 9,19 (1971)

2. BACHMANN, K., H. HOFFMANN, W. GÜNTHER und R. ZERZAWY : Ergebnisse telemetrischer Kreislaufuntersuchungen beim Saunabadevorgang. Sauna-Archiv 9,1 (1971)

3. BARDENHEUER, F.H. : Anzeigestellung und Wirkung des Saunabades. Med.Welt 17,433 (1943)

4. BARTELS, K.-W. : Zur physikalischen Grundlage und praktischen Anwendung des Saunabades. Balneologe 11,20 (1944)

5. BAUER, H.R. : Ergometrische Untersuchungen vor und nach regelmäßiger Saunaanwendung. Sportarzt und Sportmedizin 20,308 (1969)

6. BERNAUER, U. : Fehler bei der Blutdruckmessung. Med.Klin. 64,1379 (1969)

7. BRAUCKHOFF, H. : Temperatur- und Feuchtemessungen im Saunaraum. Sauna-Archiv 1,8 (1958)

8. BRUNE, H. : Das Saunabad im Rahmen der Rheumabehandlung. Inaug.Dissert.Hamburg 1945

9. CHLEBAROV, S. und U.H. FRENZEL : Objektivierung der Saunawirkung. Sauna-Archiv 8,29 (1970)

10. COVALT, N.K. : Sauna Baths - A preliminary report. Am.J.Phys.Med. 33,216 (1954)

11. DEVRIENT, W. : Überwärmungsbäder, Schlenzkur und Sauna in der Praxis. Haug Verlag Berlin, 1942

12. DEVRIENT, W. : Sauna. Berlin, 1950

13. DOCUMENTA GEIGY : Wissenschaftliche Tabellen der Firma Geigy. 6. Auflage Basel, 1960

14. DORSCHNER, F. : Erfahrungsbericht über Sauna und das Verhalten des Blutdrucks. Hipp. 32,598 (1961)

15. DREXEL, H. : Hydro- und Thermotherapie
in: Klin.Lehrbuch der Physikalischen Therapie, Stuttgart, 1963

16. DZIUBA, K. : Neue Ergebnisse über die Wirkung der einzelnen Phasen des Saunabadevorgangs auf die Herz- und Kreislauffunktion.
Sauna-Archiv 2,15 (1959)

17. DZIUBA, K. und W. FRITZSCHE : Herzarbeit und Kreislaufverhältnisse beim Sauna-Badevorgang.
Sauna-Archiv 1,90 (1958)

18. EGGERS, P. und W. GOLL : Die Wirkung des Saunabades auf Herz und Kreislauf.
Dtsch.Med.Wschr. 77,863 (1952)

19. EISALO, A. : Effects of the Finnish Sauna on Circulation.
Ann.Med.Exper.Biol.Fenn. 34, Suppl.4 (1956)

20. EISALO, A. : Wirkung der finnischen Sauna auf den Blutkreislauf.
Sauna-Archiv 1,2 (1958)

21. FEY, C. : Über die volksgesundheitliche Bedeutung und die therapeutischen Möglichkeiten der Anwendung des Saunabades.
Hipp. 13,557 (1942)

22. FRANKE, K. : Erfahrungen über die Dosierung der Sauna.
Sauna-Archiv 1,83 (1958)

23. FRANZ-MIKOLEIT, R.und M. SCHLEGEL : Die arteriellen Blutgasspannungen in der Sauna.
Arch.Phys.Ther. 22,13 (1970)

24. FRITZSCHE, W. : Bestehen Unterschiede zwischen dem finnischen und dem deutschen Saunabad.
Sauna-Archiv 1,50 (1958)

25. FRITZSCHE, W. : Die Sicherung schlüssiger Untersuchungsergebnisse über die physiologische Wirkung des Saunabadevorgangs, insbesondere auf Herz- und Kreislauf.
Sauna-Archiv 2,9 (1959)

26. FRITZSCHE, W. : Die Wirkungen extremer Umwelttemperaturen auf den menschlichen Körper unter dem Gesichtspunkt biologischer Regelvorgänge.
Sauna-Archiv 3,105 (1963)

27. FRITZSCHE, W. : Methodische Fragen des Saunabadens unter wirkungsphysiologischen Aspekten. Sauna-Archiv 6,65 (1968)

28. FRITZSCHE, W. : Zur Beurteilung der Atmungssituation unter Saunabedingungen. Sauna-Archiv 7,17 (1969)

29. FRITZSCHE, W. und J. FRITZSCHE : Die wissenschaftlichen Grundlagen des Saunabades. Sauna-Archiv 8,45 (1970)

30. GRIMSEHL : Lehrbuch der Physik.Bd. 1, Basel, 1968

31. GROSSE,- BROCKHOFF, F. : Allgemeine Schädigung durch äußere Hitzeeinwirkung, in: Hdbch.Inn.Med., VI/2,1 Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1954

32. GÜNTHER, R., F. HOLZKNECHT und F. SPÖTTL : Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß von Hyperthermie durch Heißluft (Sauna) auf die fibrinolytische Aktivität des Blutes. Sauna-Archiv 4,21 (1965)

33. HAAPANEN, E. : Über die Wirkung der Sauna auf die Nierentätigkeit und das Flüssigkeitsgleichgewicht. Sauna-Archiv 1,97 (1958)

34. HASAN, J. und M. NIEMI : Metabolic responses of human subjects to severe acute thermal stress. Acta Physiol.Scand. 31,137 (1954)

35. HASAN, J., M.J. KARVONEN und P. PIIRONEN : Physilogical effects of extreme heat as studied in the finnish Sauna bath. Amer.J.Phys.Med. 46,1226 (1967)

36. HENTSCHEL, H.-D. : Die Sauna als Hilfsfaktor bei Zivilisationsschäden. Arch.Phys.Ther. 9,259 (1957)

37. HENTSCHEL, H.-D. : Therapeutische Möglichkeiten und Grenzen der Sauna. Hipp. 29,319 (1958)

38. HENTSCHEL, H.-D. : Einige theoretische Grundlagen über das Schwitzen und den Schweiß. Sauna-Archiv 3,65 (1962)

39. HENTSCHEL, G. : Physikalisch-Physiologische Bedingungen in der echten Sauna. Arch.Phys.Ther. 11,151 (1959)

40. HENTSCHEL, G. : Feststellungen zum Wasserdampfgehalt in der Sauna. Sauna-Archiv 6,75 (1968)

41. HOLZMANN, M. : Die Rhythmusstörungen des Herzens. in: Hdbch.Inn.Med., IX/2,1, Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1960

42. HOSKE, H. : Im Kampf gegen die Zivilisationsschäden. Dtsch.Ärzteblatt, 71 Nr.41 (1941)

43. HUIKKO, M., P. JOUPPILA und N.T. KÄRKI : Effect of finnish bath (Sauna) on the urinary excretion of noradrenaline, adrenaline and 3-methoxy-4-hydroxy-mandelic acid. Acta Physiol.Scand.68,316 (1966)

44. JUCHEMS, R. und G. AMMERSCHLÄGER : Über die Wirkung kalter Teilbäder auf die Hämodynamik. Untersuchung mit der Indikatorverdünnungsmethode. Z.angewandte Bäder- und Klimaheilkunde 14,3 (1967)

45. KARSTEN, H. : Die Sauna. Hasenclever Verlag, Düsseldorf 1950

46. KARVONEN, M.J. : Einige saunaphysiologischen Fragen. Sauna-Archiv 1,70 (1958)

47. KAUFMANN, W., H. HUNDESHAGEN, J.G. SCHLITTER und E.H. GRAUL : Die Regulation des Herzzeitvolumens bei thermischen Belastungen in der Klimakammer. Arch.phys.Ther. 12,177 (1960)

48. KLINGLER-MANDIG, H. : Der Kreislaufkranke in der Sauna. Inaug.Dissert.Berlin 1952

49. KNEBEL, R. : Wirkung und Indikation der Bäderbehandlung von Herzkranken. in: Hdbch.Inn.Med.IX/1,653, Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1960)

50. KNORRE, G.v. : Über einige vegetative Regulationen im Saunabad. Balneologe, 10,217 (1943)

51. KOHLRAUSCH, F. : Praktische Physik, Bd.1 und 3 Stuttgart 1968

52. KOSIEK, J.P., G. VOGLER, G. SCHNEIDER und E.J. KLAUS : Kontinuierliche Herzschlagfrequenzregistrierung bei Sportlerinnen während eines Saunabades. Sportarzt und Sportmedizin 2o,7 (1969)

53. KOWARSCHIK, J. : Physikalische Therapie. Wien 1957

54. KRAUSS, H. : Möglichkeiten und Grenzen der Sauna in der Übungsbehandlung Herz-und Kreislaufkranker. Arch.phys.Ther. 5,34 (1953)

55. KRAUSS,H. : Möglichkeiten der Sauna in der Prophylaxe und Therapie.
Sauna-Archiv 6,2 (1968)

56. KUKOWKA, A. und B. RACKOW : Über neue Meßergebnisse in Saunabädern.
Z.Inn.Med. 12,896 (1957)

57. LANGREHR, D. : Grundlagen der Kreislaufregulation und Ursachen für das Zustandekommen von Zwischenfällen beim Saunabad.
Sauna-Archiv 3,85 (1962)

58. LEHTMETS, M.L. : The Sauna bath-history, development and physiological effects.
Amer.J.Phys.Med. 36,21 (1957)

59. LUDER, P. : Ein Versuch zur Beurteilung des Zusammenhangs der Thermoregulation gesunder männlicher Versuchspersonen in extremer Hitze und Kälte mit ihrer Nebennierentätigkeit.
Schweiz.Z.Sportmed. 2,68 (1954)

60. LUNDGREN, R. : Tutkimuksia Suomalaisesta Saunasta (Untersuchungen über die finnische Sauna).
Inaug.Dissert.Kouvala 1933

61. LUNDGREN, R. : Der Einfluß des finnischen Bades auf das Herz.
Acta med.Scand.Suppl. 89,236 (1938)

62. LUNDGREN, R. : Das Dampfbad als eine Badform und sein Einfluß auf die menschliche Rektaltemperatur.
zit.in: LEHTMETS, M.L.
Amer.J.Phys.Med. 36,21 (1957)

63. MAXEIMER, H.H. : Über volksmedizinische Überwärmungsverfahren des alpinen Raumes unter besonderer Berücksichtigung der Beziehung zur Sauna.
Inaug.Dissert.München 1947

64. MEAD, J. und C.L.BONMARITO : Releability of rectal temperatures as an index of internal body temperature.
J.appl.Physiol. 2,97 (1949)

65. MECHELKE, K. und P. CHRISTIAN : Vegetative Herz- und Kreislaufstörungen.
in:Hdbch.Inn.Med., IX/4,704
Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1960)

66. MELLEROWICZ, H. : Vergleichende Untersuchungen über das Ökonomieprinzip in Arbeit und Leistung des trainierten Kreislaufs.
Arch.Kreislaufforsch. 24,70 (1956)

67. MIKOLASEK, A. : Einige Beobachtungen über den Einfluß der Sauna auf den Gesundheitszustand bei Kindern.
Sauna-Archiv 7,1 (1969)

68. MÜLLER-LIMMROTH, W. : Sauna, ein Mittel zur Konditionsförderung im Sport.
Sauna-Archiv 5,71 (1967)

69. MÜLLER-LIMMROTH, W. und A.RUFFMANN : Experimentelle Untersuchungen über die physiologischen Saunawirkungen auf den gesunden Menschen.
Hipp. 33,961 (1962)

70. OTT, V.R. : Über die Veränderungen des Elektrokardiogramms bei Saunabädern.
Schweiz.Med.Wschr. 77,648 (1947)

71. OTT, V.R. : Die Sauna.
Schwabe Verlag, Basel 1948

72. OTT, V.R. : Die Saunawirkungen unter dem Gesichtspunkt der vegetativen Regulationen.
Sauna-Archiv 1,105 (1958)

73. PIIRONEN, P. und ÄIKÄS, E. : Das Forschungslaboratorium der Sauna-Seura.
Sauna-Archiv, 3,1 (1960)

74. PIIRONEN, E. und E. ÄIKÄS : Respiratory heat and moisture exchange, as studied in the finnish Saunabath.
Sauna-Archiv 7,23 (1969)

75. PROKOP, L. : Die Kreislaufbelastung in der Sauna.
Sportmed. 4,67 (1953)

76. PROKOP, L. : Sport und Sauna.
Sauna-Archiv 1,1 (1958)

77. PYSTYNEN, P. : Effect of the finnish Sauna Bath on the maternal blood circulation and fluid and elektrolyte balance in toxemia of late pregnancy.
Acta Obstet.Gynec.Scand. 4o,Suppl.3 (1961)

78. RAGAN, Ch. und J. BORDLEY : The accuracy of clinical measurements of arterial blood pressure.
Bull.John.Hospk.Hosp. 69,504 (1941)

79. RÜCKERT, K.H. und R. JUCHEMS : Hämodynamik bei Lagewechsel.
Z.Kreislaufforsch. 59,685 (1970)

80. SAMSONOVA, S., S. CHLEBAROV und W. MENGER : Saunawirkung auf den Säure-Basen-Haushalt bei an Neurodermitis constitutionalis mit/ohne Asthma bronchiale leidenden Kindern.
Sauna-Archiv 9,79 (1971)

81. SCHIMERT, G., W. SCHIMMEL, H. SCHWALB und J. EBERL : Die Coronarerkrankungen. in:Hdbch.Inn.Med., IX/3,653 Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg (1960)

82. SCHÖNHOLZER, G. : Erfahrung mit der Anwendung der Sauna in der Schweiz, insbesondere in der Sportmedizin. Sauna-Archiv 9,44 (1971)

83. SCHRÖDER, J. : Körpertemperatur, Atmung und Kreislauf in der Sauna. Medizinische 9,1013 (1952)

84. SCHRÖDER, J. und P. ECKARDT : Kreislaufregulation und Blutgehalt der Lunge bei Überwärmung. Arch.Phys.Ther. 4,86 (1952)

85. SCHULZE, R. : Der Infrarot-Strahlenaustausch zwischen Mensch und Umwelt. Sauna-Archiv 4,45 (1966)

86. SCHWALM, H. : Erfahrungen mit der Sauna. Inaug.Dissert.Marburg 1949

87. SCHWEINITZER, E. : Das Verhalten des Blutdrucks und der Schweißelektrolyte während des Saunabades bei Normotonikern und Hypertonikern. Inaug.Dissert.Berlin 1965

88. SIEBRECHT, G. : Über die Sauna. Inaug.Dissert.Heidelberg 1945

89. TAWAST-RANCKEN, S. : Sauna und physikalische Therapie. Sauna-Archiv 1,103 (1958)

90. UFER, G. : Die Sauna in der Kurbehandlung von Herz-, Gefäß- und Kreislaufschäden unter besonderer Berücksichtigung des vegetativen Syndroms, der Herzinfarkte und der Stenokardien. Sauna-Archiv 9,15 (1971)

91. VENHO, V. : Untersuchungen und Beobachtungen an Säuglingen in der finnischen Sauna. Sauna-Archiv 1,77 (1958)

92. VIHERJUURI, H.J. : Finnische Sauna. Hippokrates Verlag, Stuttgart 1943

93. WEZLER, K. : Physiologische Grundlagen der Wärmestauung. Arch.Phys.Ther. 2,8 (1950)

94. WEZLER, K. und R. THAUER : Der Kreislauf im Dienste der Wärmeregulation. Z.ges.exp.Med. 112,345 (1943)

95. WOLLHEIM, E. und J. MOELLER : Hypertonie.
in:Hdbch.Inn.Med., IX/5,1
Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg
(1960)

L E B E N S L A U F

Am 16.7.1944 wurde ich, Martin-Peter Floehr, als zweiter Sohn des Tierarztes Dr. Martin Floehr und seiner Ehefrau Katharina, geb. Meertens, in Setterich geboren.

In meiner Heimatstadt Alsdorf besuchte ich die Volksschule und das Staatliche Neusprachliche Gymnasium, an welchem ich 1964 die Reifeprüfung ablegte.

Nach dem Abitur diente ich ein Jahr lang bei der Bundeswehr.

Im Sommersemester 1965 nahm ich in Würzburg das Medizinstudium auf und bestand hier im Frühjahr 1968 die ärztliche Vorprüfung. Anschließend studierte ich je ein klinisches Semester in Kiel und Wien. Im Sommersemester 1969 setzte ich mein Studium in Würzburg wieder fort, wo ich im Juli 1971 die ärztliche Prüfung ablegte.
Seit Februar 1972 bin ich als Medizinalassistent am St.Marien-Krankenhaus in Ludwigshafen tätig.

Martin-Peter Floehr

Schnelldruck-Böhler, 87 Würzburg, Seilerstr. 10